

תכסיס



האיחוד

ראשית נציג בפניכם כמה בעיות שאין ביניהן, לכאורה, כל קשר. את הדמיון תוכלו למצוא בעיקרון המוביל לפתרון הבעיות. נסו לזהות את העיקרון.

איך מצילים נוסעים מאונייה טובעת?

הדרך המקובלת היא להוריד סירות הצלה לים בעזרת מנופים, ולהעביר אליהן את הנוסעים. הפעולה נמשכת זמן קצר יחסית, אבל לעתים האונייה שוקעת לפני שמספיקים להוריד את כל הסירות. דרך מהירה יותר היא להשליך את הסירות מהסיפון אל הים, אך הסירות עלולות להתרסק מעוצמת החבטה במים. הממציא השוודי א.א. פולק הציע לבלום את נפילת הסירות ולמנוע את התרסקותן בעזרת האוויר. הצעתו של פולק, שנרשמה כפטנט ב-1897, היתה לעצב סירות הצלה בעלות צורה מיוחדת, הגורמת להן לדאות כלפי מטה ולנחות ברכות על פני המים.

איך בונים מכשיר ווקמן איכותי המחייב אנטנה ארוכה?

אנטנה ארוכה מפריעה להליכה, נתקלת בחפצים בסביבה ולעתים גם נשברת. אחד הפתרונות שמצאו יצרני המכשיר הוא חיבור האנטנה לאוזניות. פתרון טוב יותר, הקיים בדגמים מסוימים, מאפשר לוותר על האנטנה ולנצל את החוט המחבר בין גוף הווקמן לאוזניות גם לקליטת גלי הרדיו. החוט מכיל חוטי



מתכת שמשמשים להעברת הזרם החשמלי מהמכשיר אל האוזניות, ולכן ניתן להשתמש בו גם לקליטת השידורים. פתרון זה מאפשר לצייד את המכשיר באנטנה ארוכה, ללא החסרונות של האנטנה הרגילה.

בפתרון זה משתמשים גם בטלפונים אלחוטיים המשווקים כטלפון "ללא אנטנה". במכשירים אלה חוטי החשמל שמחברים את בית המכשיר לשקע משמשים כאנטנה.

לכאורה, אין כל קשר בין הפתרון לבעיית סירות ההצלה והאנטנה. מדובר בסביבות שונות, במרכיבים שונים ובתחומי מומחיות שונים. למרות זאת, יש לשני הפתרונות מאפיינים משותפים. נסו לזהות אותם גם בשתי הדוגמאות הבאות.

ייבוש מגבות לאחר הרחצה היא משימה לא פשוטה בימי החורף. אפשר לתלות את המגבות על חבל הכביסה, אך זמן הייבוש יהיה ממושך. אם נניח את המגבות ליד התנור, הדבר עלול לגרום לשריפה. והרי לכם פתרון פשוט לבעיה: ננצל את החום שנפלט מצינורות המים החמים כדי לייבש את המגבות. חושפים את צינורות המים החמים מהקיר ויוצרים בעזרתם מתקן שאפשר לתלות עליו מגבות.

דוגמה נוספת לקוחה משגרת הפעילות הצבאית: חיתוך גדרות תיל החוסמות את דרכם של אנשי חי"ר. לשם כך מציידים את החיילים במספריים מיוחדות. הבעיה היא שלפעמים שוכחים החיילים לקחת אתם את המספריים בצאתם למסע.

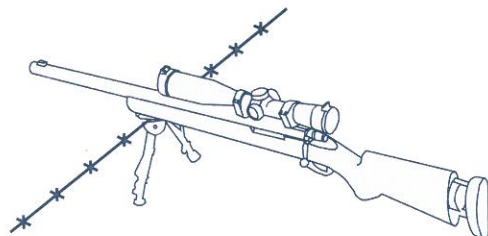
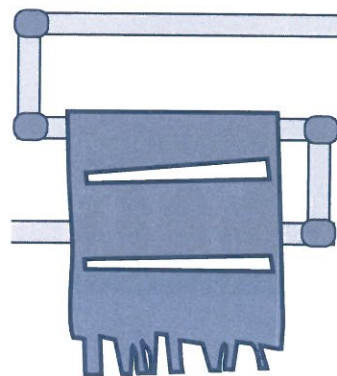
פתרון מעניין הוצע על ידי מפתחי רובה הגליל הישראלי, והוא לשלב ברובה גם מספריים. איך עושים זאת? מטילים את משימת החיתוך על הדורגלים – זוג מוטות הפלדה שמחוברים לרובה ותומכים בו בעת ירי בשכיבה. הדורגלים מתוכננים כך שכאשר סוגרים אותם, נקודת החיבור ביניהם משמשת כמספרי תיל.

לארבעת הפתרונות – עיקרון משותף: ניצול מרכיב ששיך ממילא למערכת או לסביבה הקרובה שלה, כדי לבצע את הפעולה שתביא לפתרון הבעיה.

בדוגמה של סירות ההצלה מנצלים את האוויר כדי לבלום את נפילת הסירה. בדוגמה של הווקמן מנצלים את חוט החשמל, שהוא מרכיב השייך למערכת, לשתי מטרות: להעביר זרם חשמלי (התפקיד המקורי) ולקלוט גלי רדיו (התפקיד החדש). בדוגמה השלישית צינורות המים החמים משמשים בשלושה תפקידים שונים: הובלת מים, תליית המגבות וייבושן. במקרה זה משנים מעט את צורת הצינור, אך אופיו הבסיסי נשמר.

בדוגמה הרביעית משמשים הדורגלים גם כמספרי תיל. גם כאן, הדבר נעשה בעזרת שינוי בצורת המרכיב – השחזתו.

ניתן להפעיל את העקרון המשותף שזיהינו – הטלת תפקיד נוסף על משאב קיים – על מנת לפתור בעיה.



תכסיס האיחוד

פותרים בעיה באמצעות הוספת שימוש חדש למרכיב שהוא חלק מהמערכת או מסביבתה הקרובה.

את תכסיס האיחוד, כשאר התכסיסים (תבניות החשיבה) בשיטת החשיבה ההמצאתית, יש להפעיל באופן שיטתי, תוך שאנו שוקלים את כל הגורמים והכיוונים האפשריים. לכן מופעל תכסיס האיחוד בכמה שלבים.

בשלב ראשון מגדירים פעולה אחת פשוטה שתוצאותיה מאפשרות לפתור את הבעיה. פעולה זו מכונה בשפת החשיבה ההמצאתית **הפעולה העקרונית**. הפעולה העקרונית צריכה להיות ברורה ומוחשית. לדוגמה, בנושא ייבוש המגבות, הפעולה העקרונית היא ייבוש המגבות.

רק לאחר ניסוח הפעולה העקרונית בודקים איך ניתן לבצע אותה. למשל, ייבוש המגבת יכול להיעשות בדרכים שונות: בעזרת תנור, בעזרת השמש או בעזרת צינור המים החמים.

פעולות עקרוניות שונות יכולות להוביל לפתרון הבעיה. אולם כל פעולה תכוון אותנו לסוג אחר של פתרון. לדוגמה, אם הבעיה היא כיצד לשפר את ההגנה של מכונית מפני גניבה, אפשר להגדיר כפעולה עקרונית "למנוע את פריצת דלת המכונית", ואז להתמקד, למשל, בשיפור מנעול הדלת. לעומת זאת, אפשר להגדיר כפעולה עקרונית "למנוע מהפורץ להתניע את המכונית", והיא תוביל לפתרונות אחרים. אם לא מצליחים לפתור את הבעיה בעזרת פעולה עקרונית אחת, מגדירים פעולה עקרונית אחרת וחוזרים על התהליך.

בשלב שני מכינים רשימה מפורטת של מרכיבי המערכת העיקריים ומרכיבי סביבתה הקרובה. ברשימה יש לכלול רק מרכיבים זמינים, ולא מרכיבים שהשגתם מחייבת מאמץ מיוחד.

חשוב לכלול ברשימה גם מרכיבים שלכאורה לא יסייעו לנו לפתרון הבעיה. לא אחת מרכיבים שאנו פוסלים במחשבה ראשונה מתגלים כמועילים בהמשך. לפעמים המרכיבים אינם מתאימים לצורכינו כמות שהם, ולכן נפסלים, אך במחשבה נוספת נגלה שאם נכניס בהם שינוי קל נוכל להיעזר בהם.

בבעיית ייבוש המגבות, רשימת מרכיבי המערכת כוללת: מים, צינור מים חמים, צינור מים קרים, אמבטיה, מגבות, ראי, מנורות, סבון, המתרחץ עצמו ועוד. מרכיבי הסביבה: האוויר, חפצים ואביזרים שנמצאים בבית וכד'.

בבעיית הסירה, מרכיבי המערכת הם סירה, אונייה, מלחים, נוסעים, מנופים וכד'. מרכיבי הסביבה הם ים, אוויר, מלח.

* איחוד – כיוון שאנו מאחדים ומשלבים במרכיב אחד שני תפקידים שבוצעו קודם על ידי שני מרכיבים שונים.



עם קצת עזרה מחברים

מבקרים בביתו של הממציא הנודע תומס אדיסון היו צריכים להתאמץ ולדחוף בכוח רב את שער הכניסה לחצרו. האורחים התפלאו כיצד זה ממציא גאון כאדיסון לא פותר את הבעיה.

רק לאחר מותו של אדיסון התגלה פשר התעלומה: השער היה מחובר במערכת של חבלים וגלגילים למשאבה, ששאבה מים מהבאר שבחצרו. הממציא ניצל את כוחם של הבאים והדוחפים בשערו, כדי לשאוב מים לשימושם של בני הבית.

שלבי תכסיס האיחוד

שלב א': הגדרת הפעולה העקרונית

שלב ב': פירוט מרכיבי המערכת וסביבתה

מרכיבי הסביבה

מרכיב 3

מרכיב 2

מרכיב 1

מרכיבי המערכת

מרכיב 3

מרכיב 2

מרכיב 1

שלב ג': בחירת מרכיב ובדיקת התאמתו לביצוע הפעולה העקרונית

שלב ד': הכנסת שינויים במרכיב (במידת הצורך)

שלב ה': תיאור הפתרון

הקו המקווקו בין שלב ב' לשלב ג' מציין שרק מרכיב אחד נבחר כדי לבצע את הפעולה.

מים נגד ריח

מערכת אינסטלציה ביתית אמורה למנוע חדירת ריחות רעים ממערכת הביוב דרך הכיור אל חלל הבית. התקנת שסתום מיוחד, שיאפשר זרימת מים וימנע מעבר ריחות, מסרבלת את המערכת, יקרה מדי, ואמינותה מוטלת בספק. הפתרון לבעיה מוכר וידוע: הסיפון. בעזרת מרכיב קיים במערכת המים יוצרים "פקק", שמונע את מעבר הריחות. כיצד זה עובד? מכופפים את הצינור ויוצרים קטע שמלא באופן קבוע במים, גם כשהברז סגור. מים אלו משמשים כפקק החוסם מעבר של ריחות, מקקים ומפגעים נוספים. אלא מה? הניפוץ יוצר בעיה חדשה: המים מצטברים בכיור מפני שמהירות זרימתם בקטע המכופף איטית. כדי לפתור את הבעיה החדשה מרחיבים את הצינור באזור הניפוץ, ובכך מאפשרים למים לזרום במהירות.

בשלב שלישי בודקים איזה מהמרכיבים יכול לבצע את הפעולה העקרונית שהוגדרה בשלב הראשון. בדוגמת הווקמן, זהו חוט החשמל. בדוגמה של סירת ההצלה, מנצלים דווקא מרכיב ששייך לסביבה – האוויר – כדי לבלום את הנפילה של סירת ההצלה.

בשלב רביעי בודקים האם אפשר להשתמש במרכיב שנבחר לביצוע הפעולה העקרונית כפי שהוא או שיש לשנותו.

במקרה של מספרי התיל למשל, צריך להשחזר את בסיסי הדורגלים ברובה הגליל, כדי שיוכלו לשמש לחיתוך. עם זאת, יש לוודא תמיד שהשינוי אינו פוגע בתפקיד המקורי של המרכיב. בדוגמה של ייבוש המגבות למשל, מכופפים את הצינור כדי שיוכל לשמש מתלה אך מקפידים שצורתו החדשה לא תפריע לזרימת המים. ישנם מקרים שהשינוי מאפשר אמנם לפתור את הבעיה אך הוא פוגע בתפקיד המקורי של מרכיב. במקרים אלה נבצע במרכיב שינוי נוסף, כדי שיוכל למלא הן את תפקידו המקורי והן את תפקידו החדש.

בשלב האחרון מציגים את הפתרון הנבחר ומסבירים אותו.

נציג דוגמאות נוספות לשימושים שונים בתכסיס האיחוד. מומלץ להציע פתרונות משלכם לבעיות, ורק לאחר מכן להשוות לפתרונות שמופיעים בספר.

פינג פונג על גבעה חשופה

במסגרת מבחן תושייה מגיעה קבוצת חיילים לגבעה חשופה, הרחק ממקום יישוב. בראש הגבעה יצוק גוש בטון ובתוכו נעוץ צינור מתכת שגובהו מטר וחצי. בתוך הצינור חבוי כדור פינג פונג שעליו נרשם היעד הבא במסעם של החיילים. קוטר הצינור גדול במילימטרים ספורים בלבד מקוטר הכדור. איך שולפים את הכדור מתוך הצינור? (זכרו: לחיילים אסור לחזור לבסיס כדי להביא ציוד או אמצעים נוספים.)

הנטייה הטבעית היא לפתור את הבעיה בדרך של ניסוי וטעייה. בעצם, למה לא? לכו עם המחשבות שלכם. אם לא תצליחו, תוכלו לנסות את הדרך השיטתית, תוך שימוש בתכסיס האיחוד.

על פי שלבי השיטה ההמצאתית, התחילו בהגדרת הפעולה העקרונית, ואחריה הגדירו רשימה של מרכיבי המערכת והסביבה. לאחר מכן נסו להטיל את ביצוע הפעולה העקרונית על המרכיבים השונים. בעמוד הבא תמצאו כמה הצעות לפתרון.

מאחדים ופותרים: פינג פונג על גבעה חשופה

בשלב ראשון מגדירים את הפעולה העקרונית: הוצאת הכדור מהצינור או לחילופין קריאת הכתוב על הכדור. כח אחת מהפעולות תכוון אותנו לסוגים שונים של רעיונות לפתרון הבעיה.

נבחר תחילה בפעולה של הוצאת הכדור מהצינור. אם לא נצליח לפתור את הבעיה, נבחן אפשרות לנקוט את הפעולה השנייה.

בשלב שני, כאמור, מפרטים את מרכיבי המערכת: צינור, כדור, חיילים וציוד – ואת מרכיבי הסביבה: אבנים וצמחים.

בשלב הבא בוחנים כל אחד ממרכיבי המערכת ובודקים כיצד ניעזר בו להוצאת הכדור.

במבט ראשון נראה שלא הצינור ולא הכדור עצמו יכולים לעזור לנו לשלוף את הכדור מתוך הצינור.

האם אפשר להשתמש בחיילים להוצאת הכדור? מהנתונים עולה שאורך הצינור וקוטרו אינם מאפשרים להכניס יד אדם ולחלץ את הכדור. ואולי ננסה אוויר בכוח לתוך הצינור וכך הכדור יועף החוצה? לא, גם רעיון זה לא נשמע מעשי.

מרכיב נוסף הוא הציוד המצומצם שנושאים החיילים.

אפשרות אחת היא להשתמש ברובה. יורים בבטון שבבסיס הצינור ושולפים את הכדור. פתרון זה אפשרי, אך אגב יריות בצינור אנו עלולים לרטש את הכדור הקטן, וכידוע, מוטב תמיד למצוא פתרון שאינו כרוך בירי.

מה בקשר למימיות? אלה כידוע, מכילות מים. אפשר לשפוך את המים לתוך הצינור, ולגרום לכדור לצוף מעלה. זאת בהנחה שהצינור מסוגל לאגור מים ושהכתובת על הכדור לא תימחק.

אולם פתרון זה גורם לבזבוז מי שתייה החיוניים לחיילים בהמשך המסע. עם זאת, הרעיון מפנה את תשומת לבנו לאפשרות להשתמש בנוזלים אחרים שיגרמו להצפת הכדור. שתן, למשל. למרות אי הנעימות הכרוכה בכך, החיילים יכולים להטיל את מימיהם והכדור יצוף.

במקרה זה מתברר לנו שדווקא מרכיב שבחרנו להוציא מהמשחק – החיילים – הוא שסייע לנו בפתרון הבעיה.

הצלחנו לפתור את הבעיה, אבל בואו ונמשיך לבחון את שאר המרכיבים. אולי הם יכוונו אותנו לעבר פתרונות נוספים, טובים יותר.

מרכיב נוסף בסביבה הם צמחים. חותכים גבעול ארוך, ומנסים להוציא בעזרתו את הכדור. אפשר להדביק גם מסטיק או שרף מהסביבה לקצה הגבעול, לאחוז בכדור בעזרת הדבק ולהוציאו.

לאחר שבוחנים את היתרונות והחסרונות של פתרון הבעיה בעזרת כל אחד מהמרכיבים, בוחרים את המרכיב שיבצע לדעתכם את הפעולה העקרונית בדרך הטובה והיעילה ביותר.

שלבי התכסיס: פינג פונג על גבעה חשופה

הפעולה העקרונית: הוצאת הכדור מהצינור

מרכיבי המערכת והסביבה

מרכיבי הסביבה

צמחים

אבנים

מרכיבי המערכת

ציוד

חיילים

כדור

צינור

מרכיב נבחר לביצוע הפעולה העקרונית: שתן

שינוי המרכיב: אין צורך בשינוי

תיאור הפתרון: מטילים שתן לתוך צינור, והכדור צף כלפי מעלה

הקו המקווקו בין שלב ב' לשלב ג' מציין שרק מרכיב אחד נבחר כדי לבצע את הפעולה.

כשהתכסיס לא עובד

שימוש בתכסיס האיחוד, כמו בשאר תכסיסי החשיבה ההמצאתית, אינו מבטיח הצלחה. כאשר לא מצליחים לפתור בעיה בעזרת תכסיס מסוים, אפשר להיעזר בתכסיס אחר. עם זאת, יש כמה סיבות לכישלון, ואם נהיה מודעים להן, יגדלו הסיכויים שנגיע לפתרון באמצעות התכסיס.

אנחנו נוטים, כאמור, להתעלם ממרכיבים שנראים לנו שוליים או לא ממש שייכים לעניין. כדי להתגבר על נטייה זו יש לבחון מחדש את רשימת המרכיבים ולהוסיף לה מרכיבים שהתעלמנו מהם, ביודעין ושלא ביודעין. לאחר מכן חוזרים ובודקים אם אפשר להיעזר בכל אחד מהמרכיבים לביצוע הפעולה הנדרשת. למשל בדוגמת הווקמן, אילו לא היינו כוללים את החוט ברשימת המרכיבים היינו מדלגים על הפתרון.

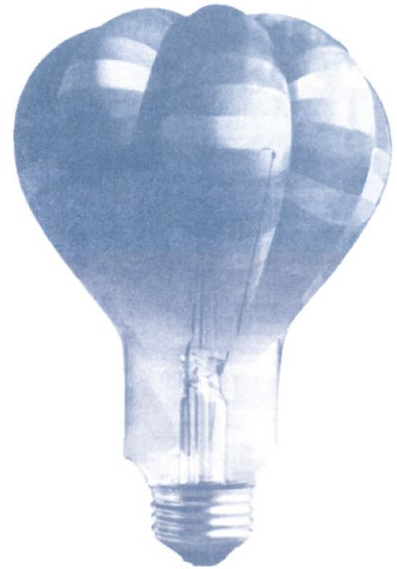
סיבה נוספת לכישלון היא ההתייחסות למרכיב כאל יישות שלמה, וההתעלמות ממרכיבי משנה הכלולים בו. אם לא הצלחנו לפתור את הבעיה בעזרת שימוש במרכיב מסוים, מומלץ לבחון את השימוש במרכיבי המשנה שלו כדי לבצע את הפעולה העקרונית. אנו בוחרים בדרך זו כאשר לא מצאנו פתרון בניסיון ראשון, או כאשר נותר זמן לחפש פתרונות טובים מאלה שכבר מצאנו. עם זאת, אין להכין רשימה אינסופית של מרכיבים. עיסוק מופרז באיסוף מרכיבים עלול לגזול זמן רב ולרוב הוא מיותר.

המכוננית של מרפי

תוך כדי נסיעה באזור הררי מתפוצץ אחד מצמיגי המכוננית. הנהג שולף את הכלים הדרושים להחלפת הגלגל, אלא שהאומים מוברגים לגלגל בחוזקה רבה, והוא אינו מצליח לפתוח אותם בעזרת הצלב*. כיוון שאין אנשים נוספים בסביבה, עליו להתגבר על הבעיה בכוחות עצמו. כיצד הייתם אתם מתמודדים עם הבעיה? השוו את הפתרון שלכם לפתרון המוצג להלן.

מאחדים ופותרים: המכוננית של מרפי

נגדיר פעולה עקרונית: ריכוך אחיזת האומים. פעולה זו תכוון אותנו לפתרונות כמו חימום האומים או שימון אזור ההברגה שלהם. שמן המנוע הוא מרכיב משנה שעשוי לבצע את פעולת הריכוך שתשחרר את האומים. אם לא הצלחנו, נגדיר פעולה עקרונית אחרת. למשל, הגברת הכוח שמסובב את הצלב.



נורת כדור פורח

דימוי זה מאחד שני סמלים: נורה חשמלית שמשמלת חשיבה, וכדור פורח שמשמל נסיקה. הדימוי הופיע בפרסומת תחת הכותרת: "הצטרפו לחברה שתיתן לרעיונות שלכם לנסוק".



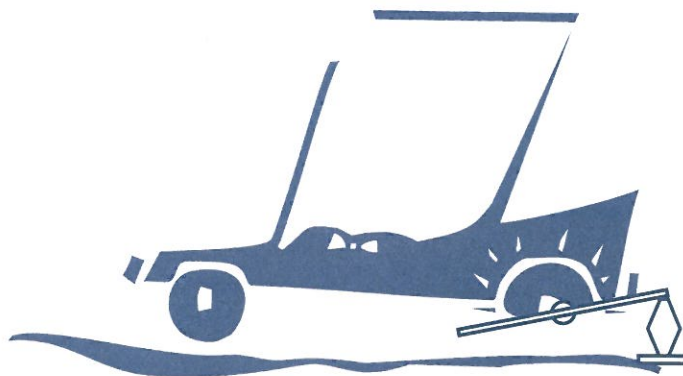
* הצלב הוא מפתח אומים בן ארבע זרועות. בכל קצה שלו יש משושה שנועד לאחוז באום בקטרים שונים.

נסקור שוב את רשימת מרכיבי המערכת: נהג, רכב, גלגל זורבי, מפתח צלב.
מרכיבי הסביבה: אבנים, צינורות ועוד.

אפשרויות: הנהג יכול לעמוד על הצלב. פתרון זה מצליח לפעמים, אך עלול גם להסתיים בהתעקמות הצלב, בשחיקת האום או גרוע מכך בפגיעת הנהג.
אפשר גם להכות באבן על הצלב, ואם יימצאו בסביבה צינורות מתכת, הם עשויים לשמש להארכת זרוע הצלב וכך להפעיל עליו יותר כוח.

כמה מהצעות אלה עשויות להצליח, אבל קשה לומר עליהן שהן פתרונות המצאתיים מהסוג שאנחנו חותרים אליו.
נחזור לרשימת המרכיבים. פספסנו שם משהו? כן. המטף והמגבה (גי'ק).
לא, לא נחזור להכות בצלב בעזרת המטף. לעומת זאת אפשר לרכך את אחיזת האומים (הפעולה העקרונית הראשונה שהגדרנו) על ידי התזת קצף. הנוזל הקר גורם לכיווץ המתכת ועשוי לשחרר את האומים.

כעת נבחן את המגבה (הגי'ק). הוא נועד אמנם להרמת הרכב, אך מדוע לא להשתמש בו גם לסיבוב הזרוע של הצלב? מרכיבים את הצלב כך שהזרוע שלו תהיה מקבילה לקרקע, מניחים את הגי'ק מתחתיו, ומגביהים אותו. הגי'ק ילחץ את הזרוע כלפי מעלה ויסובב את האום.



זהו לדעתנו הפתרון המעניין ביותר מבין הפתרונות שהצגנו. הסיכוי להצליח גבוה, כיוון שהכוח שמפעיל הגי'ק גדול בהרבה מהכוח שמופעל על ידי קפיצות של הנהג או חבטות באבן. בנוסף, ניתן להגבירו בהדרגה, בלא לגרום נזק למערכת.
דוגמה זו מלמדת שלא די להרחיב את רשימת המרכיבים. יש להתעכב על כל מרכיב ולבדוק שימושים נוספים שאפשר לעשות בו, ולא להינעל על שימוש יחיד ומסוים.

100 שימושים לבקבוק

במסגרת תרגיל התבקשו תלמידי בית-הספר למדעים ואמנויות בירושלים, למצוא שימוש לבקבוקי שתייה ריקים מפלסטיק. לפניכם חלק מהתשובות: אהיל לנורה, מתיז מים (עושים חורים קטנים בפקק), בקבוק חול צבעוני, עציץ, משפך, סירת צעצוע, משקולת, בסיס לנר, וכמובן גם להשתמש בו כמיכל לנוזלים.

מרכיב נוסף שאפשר לבחון הוא המנוע. לכאורה, מה למרכיב זה ולפתרון הבעיה? אבל במחשבה שנייה, אפשר להיעזר בכוח שלו כדי להזיז את המכוננית וכך לסובב את הצלב. מחברים את הצלב לאום, מניחים אבן על הקרקע ומסיעים את הרכב מעט כך שהאבן תלחץ על הצלב.

אין ספק שדוגמה זו מאפשרת לנו ללמוד רבות על התכסיס. אבל נשאלת השאלה, מדוע להתאמץ ולחפש פתרון יצירתי, כאשר כמעט כל נהג מצויד היום בטלפון סלולרי שבאמצעותו הוא יכול להזמין רכב חילוץ. אכן, אם קיימת דרך פשוטה להתגבר על בעיה, כדאי להשתמש בה. אמנם, בדוגמה שלנו סביר שלא תהיה קליטה באזור בו אירע התקר, או שסוללת הטלפון הנייד תהיה ריקה, לפי חוקי מרפי. שימוש בטלפון סלולרי אינו פתרון יצירתי, אך הוא בהחלט יעיל: אם אפשר להזמין חילוץ, מומלץ לעשות זאת. עם זאת, מעניין להבין מה הופך אותו לבלתי יצירתי: ראשית הוא מובן מאליו. שנית, השימוש בטלפון נייד אינו יצירתי גם בגלל אופן השימוש במרכיב. הטלפון משמש לשיחות בדרך כלל, והפתרונות היצירתיים שתיארנו עושים שימוש במרכיבים בדרך לא שגרתית. זהו הרעיון המרכזי בתכסיס האיחוד. נחזור ונדגים אותו בהמשך.

קיבעון תפקודי

הזכרנו קודם את הסכנה הטמונה בהינעלות על שימוש אחד, מסוים, במרכיב כלשהו במערכת. השימוש במרכיב רק לצרכים שהוא נועד להם מאפיין את הפתרון השגרתית. הפסיכולוג ק. דנקר (Dunker) הגדיר את הקושי שיש לאנשים לייחס שימושים לא שגרתיים לחפצים המוכרים להם מחיי יומיום כ**קיבעון תפקודי** (Functional Fixedness).

באחד מניסוייו הכניס דנקר שתי קבוצות נבדקים לשני חדרים נפרדים. על קיר אחד החדרים היה תלוי לוח. על השולחן היו מונחים קופסת גפרורים מלאה גפרורים, קופסת נעצים עם נעצים ונר. הנבדקים התבקשו למקם נר יחיד בניצב ללוח ולהדליקו.

חברי הקבוצה השנייה הוכנסו לחדר הסמוך. על אחד מקירותיו היה תלוי לוח. על הרצפה היו שתי קופסאות ריקות. לצדן היו מונחות שתי ערימות: ערימת גפרורים, ערימת נעצים ונר. גם הנבדקים האלה התבקשו למקם נר יחיד בניצב ללוח ולהדליקו. מספר האנשים שמצאו פתרון לבעיה בקבוצה השנייה היה גדול בהרבה ממספר הפותרים בקבוצה הראשונה.

הפתרון: להדק אל הלוח, באמצעות נעצים, את אחת הקופסאות הריקות ולהציב עליה את הנר.

סוגרים מעגל

מברג הטסטר משמש לבדיקת מתח בחוטי חשמל. עקרון פעולתו מבוסס על נורה קטנה שנדלקת כאשר יש מעבר של זרם חשמל. כדי לסגור את המעגל החשמלי יש להוליך את הזרם הלאה, מהחוט שבודקים אל הקרקע. ניצד ניתן לגשר בין המברג לרצפה? מנצלים משאב קיים, האדם שמחזיק במברג, כמוליך, והוא מעביד את הזרם החלש דרך גופו אל הרצפה.



מה היה הגורם להצלחה? לנבדקים בקבוצה השנייה היה קל יותר להשתמש בקופסאות לצרכים נוספים והם לא התייחסו אליהן ככלי אחסון בלבד, משום שלא נתקלו בקופסה ריקה ולא ב"קופסת נעצים". הקיבעון ביחס לקופסאות הוא שהכשיל רבים מחברי הקבוצה הראשונה.

כיצד מתגברים על קיבעון תפקודי? ראשית, יש להיות מודעים לקיומו. רק אז תוכל המחשבה לבחון באופן שיטתי שימושים נוספים לחפצים מוכרים. נמחיש זאת בניסוי נוסף, שבו נדרשו המשתתפים לסגור מעגל חשמלי בעזרת חוטי חשמל, מחברים, ברגים ומברג.

רבים התקשו לסגור את המעגל החשמלי משום שהדרך היחידה לפתרון היתה להשתמש במברג לא בתפקידו הרגיל, אלא כמוליך.

אילו נדרשו משתתפי הניסוי להשתמש במברג כפצירה, או כדי לפתוח פחית צבע, מרבית הסיכויים שהיו מצליחים לעשות את ה"הסבה". כל אחד מאתנו גילה בחייו יצירתיות במידה זו או אחרת והשתמש בחפצים בדרכים לא מקובלות. אך ככל שהמשימה החדשה דורשת שימוש רחוק יותר מהשימוש הרגיל במכשיר, כך גדול יותר המאמץ שיש להתאמץ כדי להתגבר על הקיבעון התפקודי ביחס אליו. התהליך של פתרון בעיה בעזרת תכסיס האיחוד מעמת אותנו עם הנטייה לקיבעון תפקודי הקיימת בכל אחד מאתנו. הצורך להגדיר את הפעולה שיש לבצע ולהכין רשימת מרכיבים מאלץ אותנו לבחון את מידת התאמתו של כל מרכיב לביצוע הפעולה, גם אם למראית עין הוא אינו מתאים.

התגברות על קיבעון תפקודי היא אחת הסוגיות החשובות בחשיבה יצירתית. תכסיס האיחוד מאפשר לתעל את החשיבה ולכוון אותה לרעיונות יצירתיים שיסייעו לנו להתגבר על קיבעון זה. נציג דוגמה נוספת.

אני לא מבין בזה

כיצד יכול אדם שאינו מומחה לפתור בעיה בנושא נימיה של המתכות, שבא נדרש לכאורה ידע מקצועי מוגדר? הפסיכולוג ג'יי. פי גילפורד מצא שדווקא היכרות רבה מדי עם נושא מקשה עלינו לחשוב בכיוונים לא שיגרתיים. אדם שאינו מתמצא בנושא, עשוי לגלות גמישות מחשבתית, ולפתור בעיה ש"המומחים" בעלי תבניות חשיבה נוקשות נכשלו בה.

עבודה שוחקת

מפעל תעשייתי מתמחה בעיבוד מתכות. כדי לבחון את עמידותן מכניסים דגימות קטנות של המתכות לתוך חומצה נוזלית שנתונה במיכל, סוגרים את המכסה ומשרים בטמפרטורה גבוהה מאוד.

בתום הניסוי מוציאים את הדגימות ובודקים את המתכות. הבעיה היא שלא רק המתכות נאכלות על ידי החומצה, אלא גם דפנות המכל שבו הן נבדקות. כתוצאה מכך, אחת לכמה שבועות יש להחליף את המכל. עקב מחירו הגבוה של המכל, חיפשו במפעל דרך למנוע את הפגיעה בדפנות. נסו לפתור את הבעיה בעזרת תכסיס האיחוד. השוו את הפתרון שלכם לפתרון הבא.

מאחדים ופותרים: עבודה שוחקת

אפשרות אחת היא לצפות את הדפנות בחומר עמיד כמו פלטינה או זהב, אלא שפתרון זה כרוך בהוצאה כספית גדולה, מה גם שחומרים אלה אינם נמצאים במעבדה ובכך אנחנו מפריים את תנאי העולם הסגור. ננסה את תכסיס האיחוד.

נגדיר קודם פעולה עקרונית: הפרדת החומצה מדפנות המכל. בשלב שני נפרט כמה מרכיבים. מרכיבי המערכת: מכל, דגימות, חומצה. מרכיבי הסביבה: אוויר, גוף חימום.

נתמקד תחילה במרכיבי המערכת. במחשבה ראשונה נראה שהמיכל אינו יכול לסייע לנו. מה בקשר למרכיב הדגימה? דרך אחת היא לצפות את דפנות הכלי בחומר שממנו עשויות הדגימות.

אפשרות אחרת, פשוטה יותר, נבחרה כפתרון: לעצב את הדגימה עצמה כמכל שלתוכו מכניסים את החומצה, ובכך מונעים מגע בינה לבין דפנות המכל הגדול. בשלב האחרון עלינו להגדיר במדויק את השינוי שעשינו במרכיב הנבחר. הצורה המקורית של הדגימות אינה מתאימה, אך אם קודחים בהן חור רחב אפשר ליצוק לתוכו את החומצה.

פתרון זה עונה על תנאי העולם הסגור ומאפשר להתגבר על הקיבעון התפקודי. הדגימות שייכות למערכת המתוארת בבעיה ומשמשות גם לצורך אגירת החומצה. בבעיה זו, שלא כמו בדוגמאות הקודמות, היה צורך לשנות את המרכיב ולהתאימו לביצוע התפקיד החדש. השינוי הזה לא פגם בהרכבן המקורי של הדגימות ובתפקידן.

שיטת הננסים

ניסוח פעולה עקרונית שתביא לפתרון הבעיה הוא, כאמור, השלב הראשון בתהליך. אולם הניסוח וההגדרה אינם בהכרח ערובה לכך שנדע כיצד לבצע את הפעולה. במקרים אלה כדאי לעתים להיעזר בהמחשה, הקרויה **שיטת הננסים** או **חלקיקי התפקוד***.

שיטת הננסים מסייעת לנו במציאת דרכים לא מקובלות לביצוע הפעולה העקרונית. אותם ננסים יכולים להיות דמויי אדם או חלקיקים מיקרוסקופיים, ובשלב זה אין זה משנה מאיזה חומר הם עשויים.

הננסים בונים בעברוננו מערכת ובאמצעותם אנו מגדירים תהליכים שאינם כפופים למגבלות המציאות. הננסים יכולים לחדור לחריצים, לזרום בצינורות, לדחוף, למשוך, להתאחד לקבוצות או להתפזר, ולמעשה לבצע כל דבר, דמיוני ככל שיהיה. הננסים גם עוזרים לנו לזהות פעולה, תהליך או מרכיב שיכול לפתור את הבעיה, תוך התעלמות מהשאלה האם הדבר אפשרי מבחינה טכנולוגית או פיזיקלית. השימוש בננסים מאפשר לנו להסתכל על מערכת או על בעיה מנקודות מבט שונות ולהעלות רעיונות שונים, שבאופן רגיל היינו פוסלים מראש בשל היותם בלתי מקובלים או בלתי אפשריים.

הננסים גם עוזרים לנו להילחם בנטייה האנושית לעבור מהר מדי אל הפתרון, בלי להבין את המערכת לעומק, בלי לברר מהן הדרישות ובלי לדמיין כיצד ייראה הפתרון, ובכך הם מגשרים בשבילנו בין הפתרון האידיאלי לבין המציאות.

שיטת הננסים מאפשרת, למעשה, להגדיר מחדש את הבעיה. בשלב מאוחר יותר, לאחר שמוצאים רעיון לפתרון הבעיה, בודקים מהו המרכיב, או מהו החומר שבעזרתו אפשר לממש את הרעיון שתואר בעזרת הננסים (במידת הצורך אפשר לפנות גם למומחים בתחום, שיוכלו להציע מרכיב שיתפקד באופן שהוגדר על ידי הננסים).

כל העולם ננסים

מתי נגייס את הננסים לעזרה? בדוגמה קודמת, קבוצת חיילים הגדירה לעצמה פעולה עקרונית – הוצאת כדור פינג-פונג מתוך צינור צר. כיצד יכולים הננסים לעזור בהוצאת הכדור? ובכן, בניגוד לאנשים רגילים שאינם מסוגלים אפילו לתחוב יד לתוך הצינור, הננסים יכולים להידחק מתחת לכדור ולדחוף אותו כלפי מעלה, תוך שהם נתמכים על ידי חבריהם שמתחת.

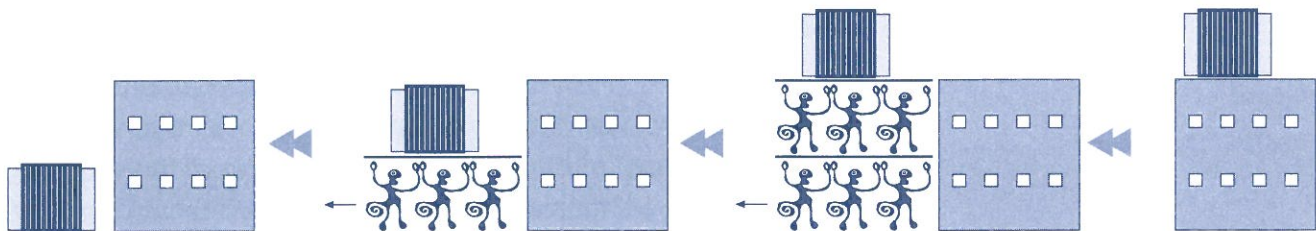


* רעיון הננסים של אלטשולר מתבסס על רעיון שפותח על ידי ויליאם גורדון (1944), המציע להשתמש באמפתיה בתהליך פתרון בעיות. בשיטה זו הפותר רואה את עצמו כמרכיב של המערכת, ומדמיין מה המרכיב היה רואה, מרגיש ושומע.

וכעת, לאחר שהננסים עזרו לנו לדמיין את תהליך הוצאת הכדור, כל שנתר לנו לעשות הוא לאתר את המרכיב שיבצע את הפעולה. הננסים יכולים להיות נוזל כלשהו, שיחדור אל מתחת לכדור וירם אותו מעלה.

נקרא לננסים לעזרה בפתרון בעיה נוספת, המופיעה בכתביו של אלטשולר, אבי תורת החשיבה ההמצאתית. כשהיה נער, שב יום אחד לביתו מהלימודים והבחין בחבורת פועלים המתלבטים כיצד להוריד תיבת טרנספורמטור, שמשקלה מאות קילוגרמים, מעל עמוד שגובהו כשני מטרים. בעקבות סערת שלגים שפקדה את האזור לא ניתן היה להביא למקום מנוף. כל ניסיון של הפועלים לדחוף את הטרנספורמטור מהמשטח שעליו הוא נמצא עלול היה להסתיים בנפילתו אל הקרקע. כיצד יכולים הננסים לעזור?

הננסים, כבר אמרנו, יכולים לעשות כל דבר. אפשר לסדר אותם בשכבות, זו על גבי זו, עד לגובה המשטח עליו נמצא הטרנספורמטור, ואז לדחוף אותו ולהניחו על השכבה העליונה. לאחר מכן מוציאים בכל פעם שכבה אחת, והטרנספורמטור יירד לאט לאט, עד שינחת בשלום על הקרקע.



הננסים עזרו לנו להמחיש פעולה דמיונית שפותרת את הבעיה. כעת נרשום את המרכיבים או החומרים הנתונים, ונבדוק איזה מהם יכול לפעול כמו הננסים.

מרכיבי המערכת:

טרנספורמטור, פועלים, עמוד.

מרכיבי הסביבה:

חול, אנשים, שלג. מתוך המרכיבים או החומרים שברשימה, השלג הוא המתאים ביותר לביצוע הפעולה.

תיאור הפעולה:

מערימים שלג ודוחסים אותו כך שלצד העמוד נוצרת ערימה בגובה המשטח. דוחפים את הטרנספורמטור אל הערימה. השלג נמס עם הזמן, וכך יורד הטרנספורמטור עד גובה הקרקע.



תרגילים

נסו לפתור את השאלות הבאות. מומלץ להעלות כמה רעיונות ולנסות להפעיל את תכסיס האיחוד. הצעות לפתרונות תוכלו למצוא בעמ' 32-34.

הנערה והקוסם

במהלך מופע קסמים מוכנסת נערה לתוך ארגז גדול. כעבור דקה פותח הקוסם את הארגז והנערה איננה. הארגז ניצב על כלונסאות כך שאין כל דרך "להגניב" את הנערה מהארגז לרצפה.

כעבור כמה דקות מגיחה הנערה מאחורי הקלעים.

כיצד הצליחה הנערה לצאת מהארגז בלי שהקהל ירגיש בכך?

שלושה תפוחים

שני אבות ושני בנים חילקו ביניהם שלושה תפוחים. כל אחד מהם קיבל תפוח שלם. כיצד ייתכן הדבר?

צלחות מעופפות

בפסטיבל שנתי הנערך באזור כפרי בצרפת, מתקיימת תחרות קליעה בצלחות חרס. תושבי האזור מתלוננים ששברי הצלחות המתפזרים בעקבות הירי גורמים ללכלוך רב בסביבה.

האם הננסים יכולים לעזור בפתרון הבעיה?

אגוזים מקולפים

במפעל מזון המשווק אגוזים מקולפים, מתחבטים בשאלה מהי הדרך הטובה והיעילה ביותר לשבור את הקליפה ולחלץ ממנה את האגוז. המכונות ששוברות את הקליפה מועכות או פוגמות באגוז שבפנים, ואילו ריסוק הקליפה באופן ידני גוזל זמן וכוח אדם רב.

כיצד יכולים הננסים לסייע בפתרון הבעיה?

חזון העצמות

לעתים, נוצר במחזור הדם מחסור בסידן הגורם, בין השאר, להפרעות בהתכווצויות של שרירי הלב.

כאשר הגוף מזהה מחסור בסידן, הוא מנצל סידן שמשמש אותו בתפקיד אחר. בעת הצורך הגוף מפרק את הסידן שאגור בעצמות ומשחררו למחזור הדם. הפגיעה בעצמות היא מעטה יחסית, ולעומת זאת נמנעת הפרעה חמורה לתפקוד הגוף.

נאחדים וממציאים

אחד היישומים של שיטת החשיבה ההמצאתית, בנוסף לפתרון בעיות, הוא הפקת רעיונות למוצרים חדשים. כפי שנראה בפרקים הבאים, כל אחד מהתכסיסים יכול בהחלט לתרום גם בתחום זה.

דוגמה: אם נבקש מכם להציע רעיונות לטלוויזיה מסוג חדש, סביר להניח שתציעו מודל משופר, אך לא שונה באופן מהותי מהטלוויזיה הקיימת בשוק. התוצאה שתגיעו אליה נובעת מהשיטה המקובלת לפיתוח רעיונות למוצרים חדשים: היצרנים עורכים סקרי שוק כדי לגלות מה הצרכנים רוצים, ומפתחים מוצרים בהתאם. אולם מתברר שלצרכנים קשה להציע רעיונות מקוריים למוצרים חדשים. רעיונות אלה מחייבים חשיבה יצירתית, ואין סיבה להניח שהצרכן הממוצע ישקיע את המאמץ הנדרש לכך. כמו כן, מגוון המוצרים הקיימים נותן מענה כמעט לכל צורך קיים, וקשה לחשוב על רעיונות יצירתיים למוצרים נוספים.

השיטה ההמצאתית מציעה גישה הפוכה. במקום לבדוק את הצרכים של הצרכנים ולפתח מוצר בהתאם, מפתחים קודם רעיונות למוצרים חדשים, ורק אחר כך בוחנים מהו הצורך שהמוצר עונה עליו. נשאלת השאלה כיצד להתחיל? כיצד חושבים על רעיונות למוצר חדש? אפשר לזרוק רעיונות באופן חופשי, כפי שעושים בסיעור מוחות. אולם, פעמים רבות חופש רב דווקא מקשה על היצירתיות.

הגישה ההמצאתית בוחרת בדרך שיטתית. בהתאם לעיקרון העולם הסגור, המוצר החדש מתבסס על מרכיבים או מוצרים קיימים שעליהם מופעלים תכסיסים. הדבר מאפשר לחסוך זמן וכסף בתהליך הפיתוח.

תהליך המצאת המוצרים החדשים, באמצעות תכסיס האיחוד, נעשה באופן דומה לתהליך פתרון בעיות, כפי שנראה בהמשך.

ממציאים מוצר: השלבים

שלב א':

בוחרים מוצר קיים.

שלב ב':

מגדירים את העולם* אליו שייך המוצר, ומפרטים את המרכיבים של עולם זה.

* המושג 'עולם' בא כאן במקום 'סביבה'. זהו מושג רחב יותר הכולל את ההקשרים השונים בהם אנו תופסים את המוצר. לדוגמה, נר יכול להופיע בעולמות שונים: ימי הולדת, ימי זיכרון וכד'.

”

”איזו תועלת תצמח לחברה הזאת מצעצוע חשמלי?”

קל איטון, נשיא חברת ווסטרן יוניון, לאלכסנדר גרהם בל, שהציע לו את הזכויות לטלפון תמורת מאה אלף דולר.

”

”הבעיה איננה שאנחנו בונים מכונות לא מוצלחות, אלא שיש לנו לקוחות גרועים.”

צ'ארלס פ. קטרינג, נשיא וי"ד המנהלים של חברת ג'נרל מוטורס

שלב ג':

בוחנים כל אחד ממרכיבי העולם ובודקים האם המוצר יכול לבצע את התפקיד במקומו.

שלב ד':

מגדירים מוצר חדש בהתאם לשימוש החדש.

שלב ה':

מתאימים את המוצר לשימוש החדש.



ננסה כעת להעלות רעיונות לכמה מוצרים חדשים.

נרות יום הולדת



צינור מפלט

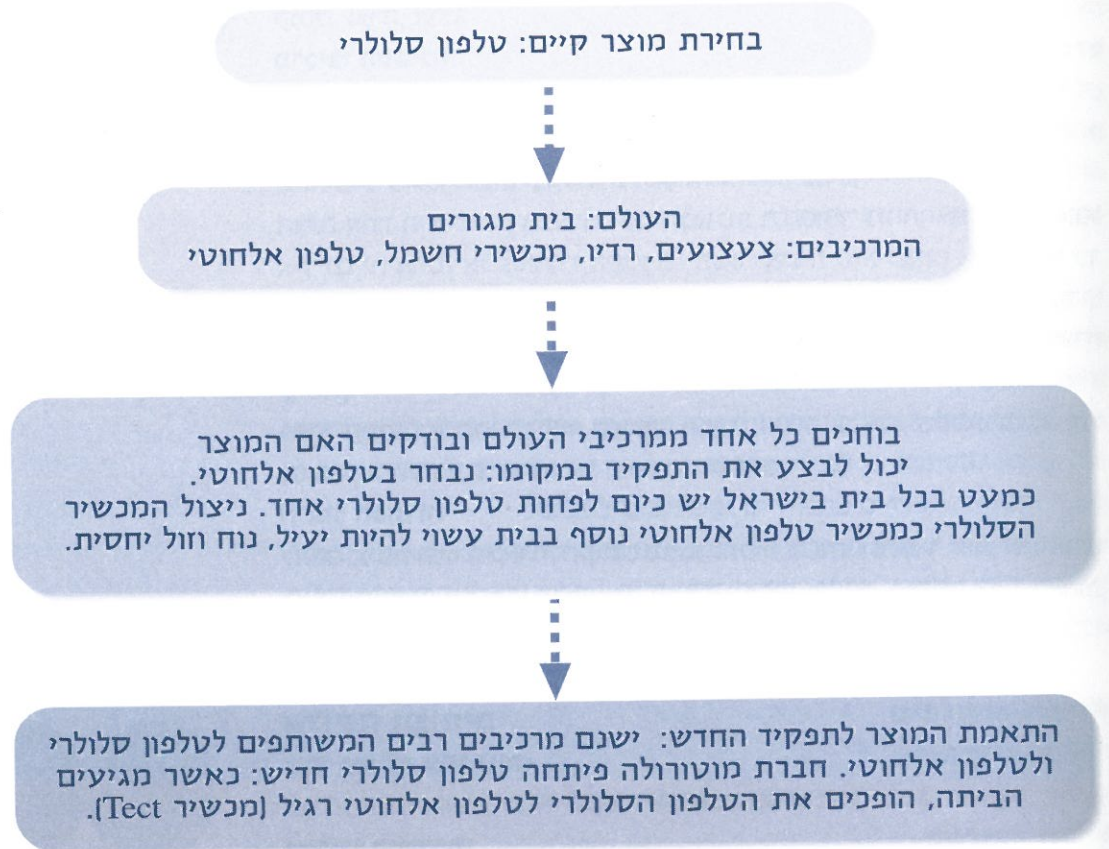
נבחן את צינור המפלט של הרכב בעולם הטבעי שלו: נסיעה בכביש. האם אפשר להטיל על המפלט תפקיד בנוסף לפעולתו השגרתית של פליטת הגזים? מתברר שכן. באחרונה יצא לשוק מתקן להרמת מכונית בעזרת גזי הפליטה. מניחים בלון עם דפנות קשוחות מתחת למכונית ומנפחים אותו בעזרת צינור שמחובר למפלט. המכונית מתרוממת וכעת אפשר להחליף את הגלגל המפונציר. ומדוע לא לתת למפלט מינוי חירום? אם אין במכונית מטף, ישמשו גזי הפליטה



הדלים בחמצן לצורך כיבוי שריפה. ורגע לפני שאתם מכבים את המנוע בחניון על חוף הים, מדוע לא לחבר לצינור הפליטה את מזרן הגומי של הילדים ולנפח אותו בעזרת גזי הפליטה?

סלולרי הוא אלחוטי

המוצר האחרון שנציג כאן מתבסס על הטלפון הסלולרי. נעשה זאת באמצעות התרשים הבא:



סיכום

בפרק זה הכרנו את תכסיס האיחוד, הראשון מבין תכסיסי החשיבה ההמצאתית. העיקרון הבסיסי של התכסיס הוא שיש לנצל מרכיב קיים, כדי להתגבר על בעיה שנוצרה במערכת. כפי שהתכסיס מנחה אותנו להשתמש במרכיב נבחר לתפקידים שונים, כך ניתן להשתמש בתכסיס עצמו לתפקידים שונים. התכסיס אמנם פותח לצורך פתרון בעיות, אך הוא יכול לשמש גם לפיתוח רעיונות למוצרים חדשים, וכן ליצירת פרסומות.



פתרונות

הנערה והקוסם

הפעולה העקרונית:

להסתיר את הנערה כך שתוכל לעבור אל מאחורי הקלעים.

מרכיבי המערכת:

קוסם, נערה, ארגז.

מרכיבי הסביבה:

קהל ובמה.



איזה מרכיב עשוי לעזור בהסתרת הנערה? הארגז, כמובן.

הצעה אחת היא להתקין בארגז דפנות כפולות ולהסתיר ביניהן את הנערה. אבל איך נבריא אותה אל מאחורי הקלעים? הצעה אחרת היא למקם את הארגז כך שיווצר מאחוריו אזור צר המוסתר מהקהל ויאפשר לנערה לחמוק אל מחוץ לבמה. אחד הצופים יכול למשוך את תשומת לב הקהל לרגע, ולאפשר לנערה לחמוק.

הדרך המקובלת היא להיעזר בקוסם. הנערה נתלית על גבו ומסתתרת מאחורי גלימתו, והוא מעביר אותה אל מאחורי הקלעים.

תיאור הפתרון:

לאחר כניסת הנערה לארגז, הקוסם מבצע להטוט כלשהו ומסתיר לרגע את הארגז בעזרת גלימתו. תוך כדי כך הנערה יוצאת ונתלית על גבו. הקוסם צועד לאחור, ממשיך בביצוע הלהטוט, ומאפשר לנערה לחמוק אל מאחורי הקלעים.

שלושה תפוחים

שתי פעולות עקרוניות:

הגדלת מספר התפוחים או הקטנת מספר האנשים.

מרכיבי המערכת:

שלושה תפוחים, סל, שני אבות ושני בנים.



כדי להגדיל את מספר התפוחים יש למצוא מרכיב במערכת שיכול לשמש כתפוח. המרכיב היחיד שעשוי לסייע הוא התפוח עצמו. האם מדובר בתפוח שמוצמד אליו תפוח תיאום, כפי שקורה לעתים? זו הצעה מתחכמת ולכן אינה מתאימה לפתרונות מהסוג ההמצאתי.

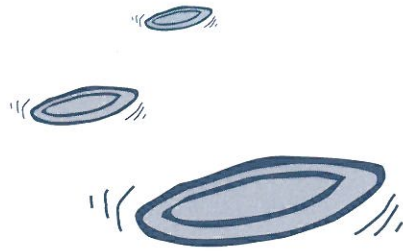
כדי להקטין את מספר האנשים עלינו להטיל על אחד מהם תפקיד נוסף. למשל, אחד האבות ישמש גם כבן, או אחד הבנים ישמש גם כאב.

תיאור הפתרון:

מדובר בשלושה דורות. סב, אב ובנו. האב הוא גם בנו של הסב וגם אביו של הבן.

בתיאור החידה מתייחסים אליו פעם אחת כאב ופעם אחרת כבן, וכך נוצר הרושם שהמדובר בשני אנשים שונים.

יוצרי החידה סמכו על הקיבעון המחשבתי שלנו – דפוס חשיבה שבו מייחסים לדבר (לאדם) תפקיד מסוים ומתקשים לייחס לו תפקיד נוסף. מרגע שהתייחסנו לאחד האנשים כאב, אנחנו לא מסוגלים לחשוב עליו גם כבן.



צלחות מעופפות

הפעולה העקרונית:

העלמת השברים.

מרכיבי המערכת:

צלחות, רובים, צלפים.

מרכיבי הסביבה:

חול, דשא, תושבים. אם נרחיב את הסביבה היא תכלול מרכיבים וחומרים נוספים שנמצאים ברשות תושבי האזור.*

הרעיון הוא לשלב בצלחת משהו שיעלים את השברים. כלומר, ניעזר בננסים. הם יפוררו את השברים לרסיסים קטנים שייעלמו באדמה.

תיאור הפתרון:

איזה חומר יכול לשמש כננסים ולתפקד כמוהם? אחד ממרכיבי הסביבה הוא חול, שניתן להשתמש בו לבניית צלחות. גם חימר ובוץ עשויים לשמש למטרה זו. לאחר התחרות השברים מתפוררים ומשתלבים בסביבה. פתרון אחר הוא שימוש במרכיב שלא נמצא אמנם ברשימה, אבל הוא זמין בכפר: קרח. יוצרים צלחות מקרח. לאחר שהשברים נופלים לארץ הם מתמוססים ונעלמים.

אגוזים מקולפים

הפעולה העקרונית:

שבירת הקליפה (מבלי לפגוע באגוז שבפנים).

מרכיבי המערכת:

קליפה, אגוז, פועלים. מרכיבי הסביבה: אוויר, מכונות.

לפני שנבדוק איזה מרכיב עשוי לשרת אותנו, ננסה להמחיש את הפעולה שיש לבצע.

הננסים יכולים לנסות לפורר את הקליפה. כדי למנוע את הפגיעה באגוז על ידי לחץ חיצוני, הננסים יחדרו דרך סדקים מיקרוסקופיים שבקליפה וידחפו אותה מהפנים אל החוץ. אבל כיצד מממשים רעיון זה במציאות? אילו מרכיבים יכולים לבצע פעולה זו?

* בדוגמאות שהוצגו עד כה השתמשנו במרכיבי הסביבה הקרובה. אפשר להגדיר מרכיבי סביבה מדרגה שנייה, כאלה שאינם קרובים בהכרח מבחינה פיזית למערכת, אך זמינים וקלים להשגה.

החומר שאמור להחליף את הננסים צריך להיות מורכב מחלקיקים קטנים שיוכלו לחדור דרך הקליפה ולהפעיל לחץ שישבור אותה מבפנים. לחץ כזה יכול להפעיל חומר המצוי במרכיבי הסביבה – אוויר.

מכניסים את האגוזים לכלי סגור ואטום ומעלים את הלחץ בתוכו בהדרגה, עד מעל הלחץ האטמוספרי. כתוצאה מכך חלקיקי האוויר חודרים דרך סדקים שבקליפה ומעלים את הלחץ בתוך האגוז עד שהוא משתווה ללחץ הגבוה מחוצה לו. לאחר מכן מורידים בבת אחת את הלחץ בקופסה. הלחץ בתוך האגוז נשאר גבוה כיוון שמעבר האוויר דרך הסדקים הוא איטי. כתוצאה מהפרשי לחץ האוויר בין הצד הפנימי והחיצוני של הקליפה, היא נשברת, בלי לפגוע באגוז עצמו. פתרון זה אכן מיושם בהצלחה בתעשייה.