

## תאי דלק (Fuel Cells) – הפיתרון האידיאלי?

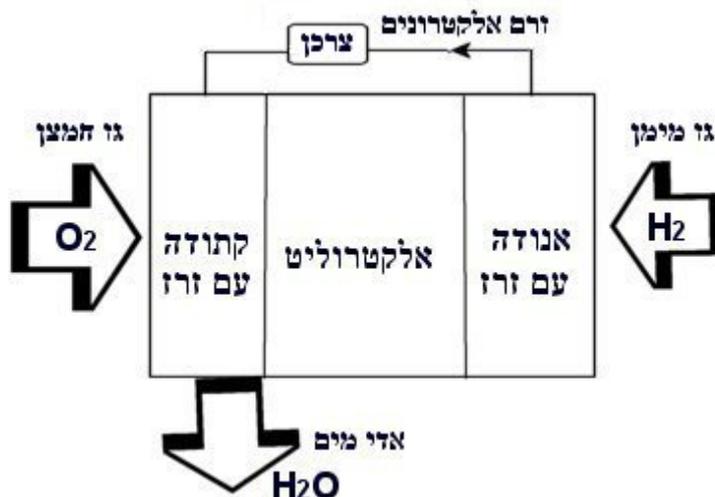
על פי הפרסומים בעיתונות המדעית, תופעלנה המכוניות בעתיד באמצעות **מנועים חשמליים**. האנרגיה החשמלית תסופק למנוע המכונית באמצעות **תאי דלק**. תאי הדלק הראשונים שפותחו שימשו כדי לספק אנרגיה לחלליות, מכיוון שהם מאפשרים לייצר חשמל בתאים שמסתם קטנה (למרות שעלותם הייתה מאוד גבוהה). כבר כיום נעות בכבישים במספר מדינות בעולם **מכוניות הדגמה** מסוג זה, כדוגמת המכוניות הנראות בתמונות הבאות:



**תא דלק** הוא מתקן להמרת אנרגיה. הוא **ממיר באופן ישיר** אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית. עקרון הפעולה של תא הדלק פורסם לפני למעלה מ-165 שנים (!). כדי להבין את עקרון הפעולה נכיר תחילה את מרכיבי תא הדלק.

### מרכיבי תא הדלק:

האיור הבא מתאר את מרכיבי תא הדלק מסוג מימן - חמצן:



- ♣ שני אלקטרודות מוליכות חשמל: קתודה ואנודה.
- ♣ זרזים (קטליזטורים) – חומרים המזרזים את התגובה הכימית. קיימים בתא הדלק שני סוגי זרזים, אחד באנודה והאחר בקתודה.
- ♣ אלקטרוליט, שהוא **חומר יוני**, ולכן מוליך זרם חשמלי בתמיסה.

## כיצד פועל תא הדלק?

בתא דלק מסוג מימן-חמצן מוזרם הדלק (גז המימן) דרך האנודה בה הוא מופרד ליונים ואלקטרונים. הפרדה זו מבוצעת באמצעות תגובה כימית בין האנודה לבין המימן המתרחשת בעזרת הזרז.

דרך האנודה והזרז עוברים רק יוני מימן בעלי מטען חיובי. האלקטרונים שמטענם שלילי, אשר אינם יכולים לעבור דרך האנודה לאלקטרוליט, נעים דרך צרכן חיצוני המחובר לתא הדלק, וכך מספקים לצרכן את האנרגיה החשמלית הדרושה לפעולתו (לדוגמה: מנוע הרכב).

יוני המימן בעלי המטען החיובי אשר עברו דרך האנודה, נעים דרך שכבת האלקטרוליט אל הקתודה. לקתודה עם הזרז שבה, מוזרם חמצן מהאוויר בחוץ (ראו איור). החמצן מגיב, בעזרת הזרז שבקתודה, עם יוני המימן שנעו דרך האלקטרוליט, ועם האלקטרונים שנעו דרך הצרכן החיצוני. כתוצאה מהתגובה נוצרים אדי מים. היתרון העיקרי של תאי דלק הוא שבתא דלק מתקבלת אנרגיה חשמלית בצורה ישירה. בהשוואה למנוע בעירה פנימית כמות אנרגיית החום המתקבלת בתא דלק היא מועטה ואינה מהווה שלב לצורך הפקת האנרגיה החשמלית.

בנוסף לתא דלק מסוג מימן-חמצן, קיימים סוגים שונים של תאי דלק. עקרון הפעולה שלהם זהה, אלא שהם בנויים מחומרים שונים המשמשים כאלקטרודות, כזרזים וכאלקטרוליטים, וכן גם היונים המועברים דרך האלקטרוליט שונים.

## שאלה 1

א. השלימו את התגובה הבאה המתרחשת בתא הדלק:



ב. מדוע נפסק הזרם החשמלי דרך הצרכן כאשר מפסיקים את הזרמת המימן דרך תא הדלק?

### קטע מידע לשאלות 2-3

מנוע בעירה (שריפה) פנימית הוא המנוע הפועל ברוב המכוניות. המנוע עצמו הוא בעל נצילות של כ- 30%, ובתהליך המרת האנרגיה מהמנוע לגלגלים יורדת הנצילות הכוללת של המכונית ל- 15%. מנועי בעירה אלו הם הגורם העיקרי להימצאות באוויר של חומרים מזדהמים כגון: תחמוצות חנקן ( $NO$ ,  $NO_2$ ), פחמן דו-חמצני וחד-חמצני ( $CO$ ,  $CO_2$ ) ותרכובות פחמן נוספות. הפחמן הדו-חמצני הוא אחד הגורמים לאפקט החממה. מנוע חשמלי המופעל באמצעות תאי דלק הוא בעל נצילות גבוהה (כ- 80%) בהשוואה למנוע בעירה פנימית. בנוסף לכך מנועים חשמליים ידידותיים לסביבה (אינם מזדהמים), פשוטים לתחזוקה ואינם מרעישים.

נשאלת השאלה: מדוע לא משתמשים כיום במכוניות הפועלות באמצעות תאי דלק? התשובה היא שלתאי דלק מספר חסרונות: עלות מכונית הפועלת באמצעות תאי דלק גבוהה כיום פי כמה מעלות מכונית מקבילה הפועלת על מנוע בעירה פנימית. בנוסף המימן נדלק בקלות בבואו במגע ישיר עם חמצן, ועדיין אין פתרון אופטימאלי לבטיחות (מניעת התלקחות) ולאחסון כמות מספקת של מימן (גם בתחנות המספקות דלק למכונית וגם בתוך המכונית).

### שאלה 2

השלימו את הטבלה הבאה:

מכונת המופעלת באמצעות תא דלק	מכונת "רגילה"	
		סוג מנוע
		חומר הדלק
		סוגי האנרגיה המעורבים בפעולת המנוע
		עלות כלי הרכב
		קיום תחנות תדלוק (תשתית)
		זיהום אוויר
		נצילות

### שאלה 3

כאשר מדווח על מתקן שנצילותו 20%, הכוונה היא (סמנו את ההיגדים הנכונים):

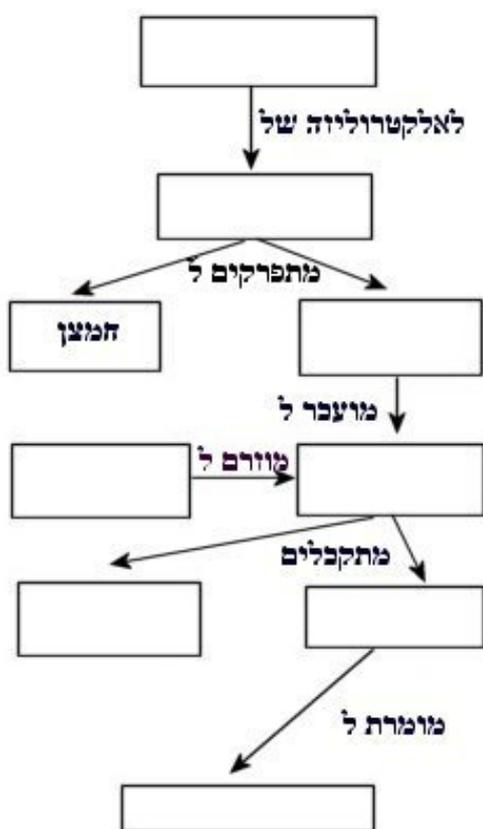
- 20% מהאנרגיה המושקעת מנוצלת כאנרגיה שימושית.
- 80% מהאנרגיה המושקעת מנוצלת כאנרגיה שימושית.
- 80% מהאנרגיה המושקעת אינה מנוצלת למטרה המקורית של המתקן.
- 20% מהאנרגיה המושקעת אינה מנוצלת למטרה המקורית של המתקן.

ה. המתקן מפיק 20% יותר מהאנרגיה המושקעת בו.

#### שאלה 4

את המימן בו משתמשים בתא דלק יש תחילה להפיק תוך השקעת אנרגיה (לדוגמה השקעת אנרגיה חשמלית להפקת מימן ממים בתהליך האלקטרוליזה). את המימן רצוי להפיק במקומות בהם יש כמות גדולה של אנרגיה זמינה (לדוגמה ניצול אנרגיה סולרית במגדל שמש באזורים מדבריים) ואילו השימוש במימן כחומר דלק בתאי דלק, יכול להתרחש במקומות שונים. הוסיפו למפת המושגים המתארת את תהליך הפקת המימן והשימוש בו בתאי דלק את המילים הבאות:

אנרגיה חשמלית (2X), תא דלק,  
מים (2X), מימן, חמצן מהאוויר,  
אנרגיית תנועה.



#### שאלה 5

מדינת קליפורניה שבארצות הברית מחייבת את כל החברות המייצרות כלי רכב שלפחות 10% ממספר הרכבים שהן מוכרות בשנה בקליפורניה לא יפלטו חומרים מזהמים לאטמוספירה. המכוניות היחידות המתאימות כיום לדרישה זו הן מכוניות חשמליות הפועלות באמצעות תאי דלק. האם לדעתכם כדאי שגם מדינת ישראל תחליט בנושא זה כמו מדינת קליפורניה? הציגו טיעון שכולל שני נימוקים.