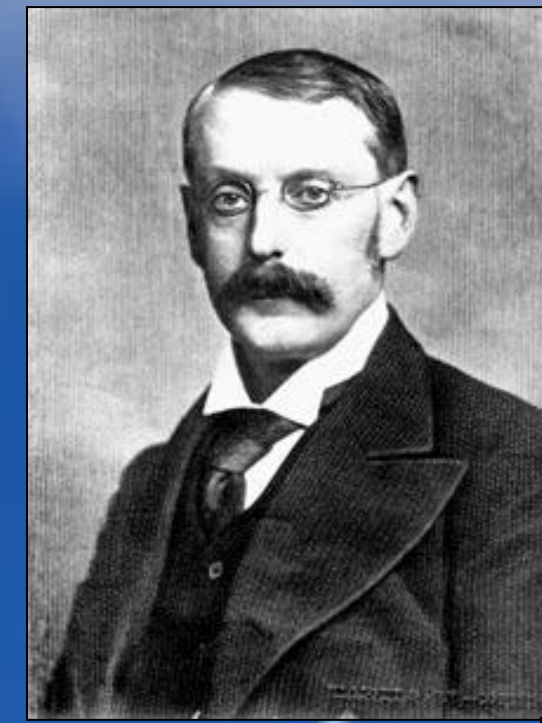


אנרגיה ותחבורה :

מקורות האנרגיה

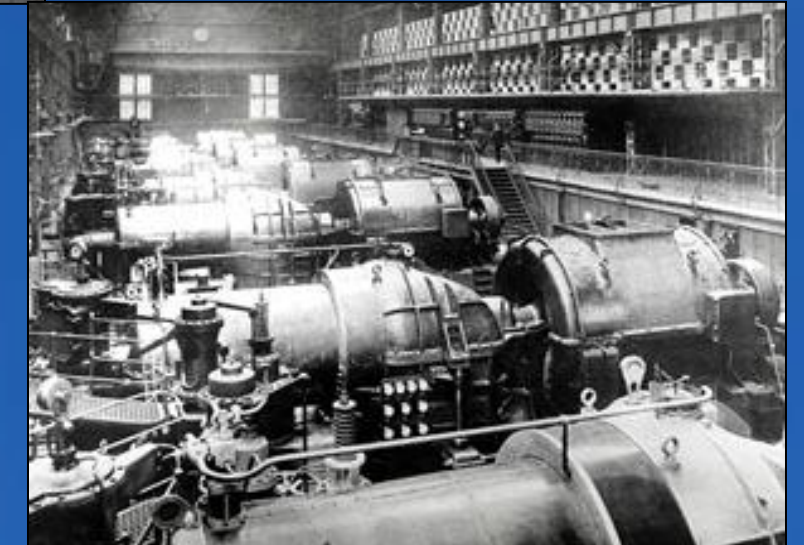
הפחם כמקור אנרגיה

בשנת 1890 החליף הפחם את העץ כמקור האנרגיה העיקרי בארה"ב. בית החרושת הראשון שעשה שימוש בפחם כמקור אנרגיה לשם יצירת קיטור להפקת חשמל באמצעות גנרטור, נבנה כבר בשנת 1882. ב-1884 פיתח צ'רלס פרסונס טורבינת קיטור יעילה ומהירה יותר. ב-1920 גדלה יעילות השימוש בפחם כמקור אנרגיה וקטנה כמות האויר שנדרשה לבעירתו. בשנת 1940 פותח הכבשן הציקלוני שפעל גם עם פחם באיכות נמוכה וייצר פחות אפר. לאחרונה, פותחה טכנולוגית בעירה מושלמת של כל פסולת הפחם, כך שגדלה הניצולת של הפקת האנרגיה והופחת הנזק הסביבתי.



צ'רלס פרסונס

טורבינת האדים של פרסונס (1907)



ניצול הנפט

הגילוי של שדות נפט נרחבים בספינדל-טופ שבטקסס, בשנת 1901, ופיתוח הרכב המוטורי, הביאו לכך שהנפט החליף את הפחם כמקור הדלק העיקרי כבר בשנת 1951. הטכנולוגיה הכימית להשבחת הנפט הגלמי, להפרדה בין מרכיביו השונים, הלכה והשתפרה. תהליך ההשבחה החל מזיקוק פשוט, המשיך לזיקוק תחת וואקום ואף לפיצוח תרמי. התהליכים הכימיים של שילוב כימיקלים ואדים, שפותחה עבור תהליך ההשבחה הראשוני של נפט גלמי, נפוצה כיום גם בהפקת יהלומים, ובמיצוי שמן מסלעי הצפחה ומפצלי שמן. העיבוד השניוני כולל דחיסת גז פחמן דו חמצני בלחץ גבוה או תמיסה מימית לתוך האדמה.

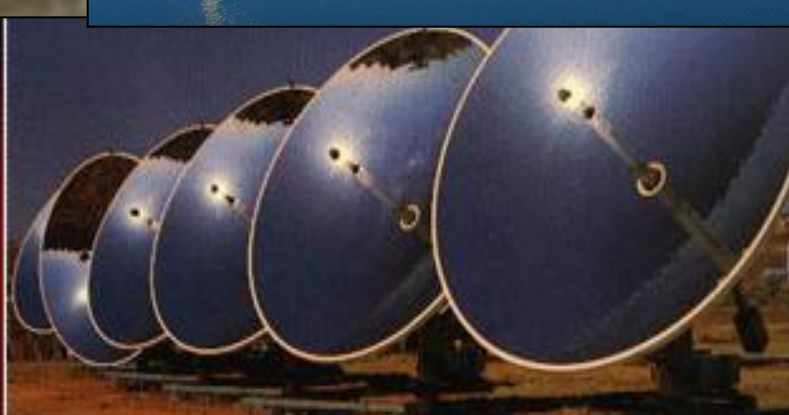
אנרגיה גרעינית

הכור הגרעיני הראשון פותח בשנת 1942 לצרכים צבאיים. היישום של הטכנולוגיה הגרעינית לשימוש אזרחי, כולל פיתוח הכורים החשמליים, החל בשנת 1951 עם תכניתו של הנשיא אייזנהואר, "אטום לשלום". מאז, הכימיה תפסה מקום מרכזי בייצור של חומרים רדיואקטיביים לשם הפקת אנרגיה בכורים גרעיניים, בשליטה על המוטות המווסתים את שטף הניוטרונים מהדעיכה הרדיואקטיבית, במיחזור מוטות הדלק לאחר השימוש, בטיפול בפסולת, בהגנה על הסביבה וכמניעה של נזקי הקרינה.



מקורות אנרגיה חלופיים

שיטות "ירוקות" לייצור אנרגיה, כגון ניצול הרוח, אנרגיה הידרואלקטרית וגיאותרמית, מהוות פחות מאחוז אחד בייצור האנרגיה העולמית. למרות זאת, לשיטות אלו ישנה העדפה כלכלית וחשיבות גוברת. שיטות מודרניות, כגון קולטי שמש לייצור תרמי ופוטואלקטרי של אנרגיה, מדחפים לניצול הרוח, העשויים מסיבי פחמן קלים, טורבינות בטון ומתכת למפעלים הידרואלקטריים וחומרים עמידים קורוזיה לרתימת מקורות אנרגיה גיאותרמיים, כולם פותחו על ידי הכימאים.



אנרגיה ותחבורה:

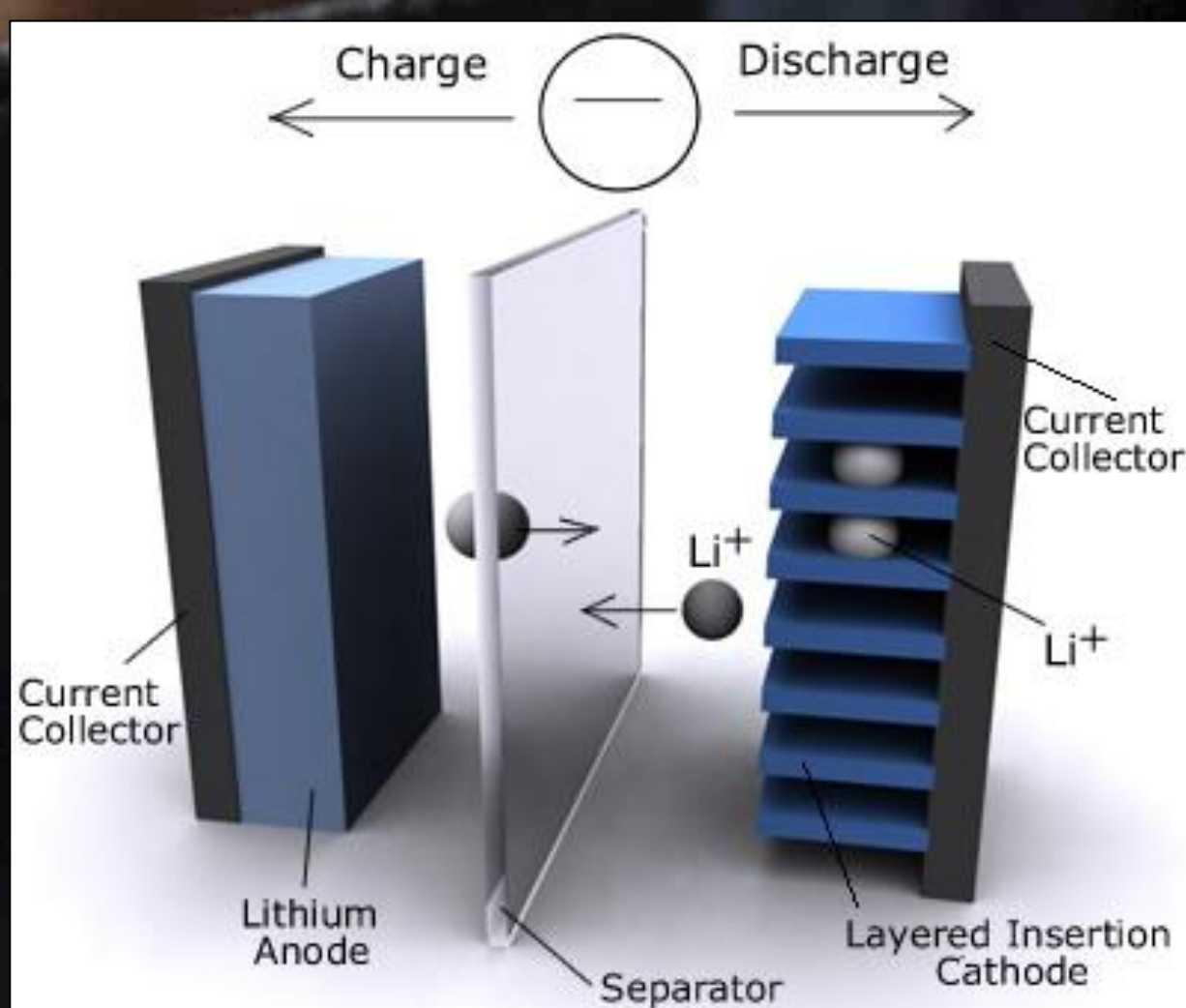
שימור אנרגיה חשמלית, מתקני כח ניידים



Carbon-zinc dry battery



סוללות הנטענות מחדש



סוללות לשימוש חד פעמי

אגירת אנרגיה חשמלית פותחה ע"י אלסנדרו וולטה בשנות ה-1700 המאוחרות. הכימיה תרמה לשיפור העקבי ביעילות הסוללה. סוללות התא הייבש על בסיס של פחמן-אבץ, שפותחו בשנות ה-1890, שופרו בעקבות פיתוח התא הרטוב ע"י לה-קלנשה. הן יוצרו ברמה מסחרית לשימוש בפנסים ונמצאות בשימוש עד היום. בשנת 1949, פותחו חמרים לסוללות על בסיס מתכות אלקליות, אשר הגבירו את זמן החיים שלהן ואיפשרו את מיזעורן, לצורך שימוש במכשירים ניידים ובמצלמות. הסוללות החדשניות מבוססות גם על תחמוצות כסף, תחמוצות כספית או ליתיום.



סוללות הנטענות מחדש

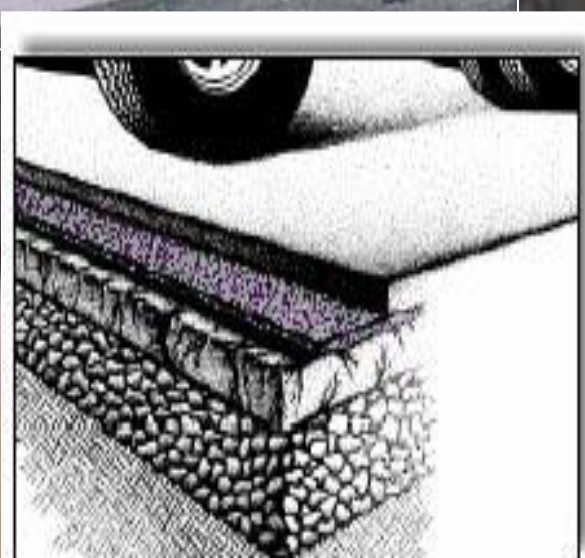
בשנת 1859 פותחה סוללת עופרת-חומצה לשימוש מסחרי על בסיס של תגובה כימית מבוקרת ליצירת חשמל. הסוללה שופרה באופן משמעותי בשנת 1881 והשיפורים נמשכים עד היום. סוללת העופרת-חומצה ממשיכה לשמש כסוללה העיקרית בכלי רכב. סוללת הניקל-קדמיום, הניתנת לטעינה מחדש נבנתה לראשונה בשנת 1899 אך היתה יקרה מדי לשימושים מסחריים. פיתוחים חדשניים יותר התמקדו בליתיום. לאחר ניסיון כושל להשתמש בליתיום מתכתי, פותחו סוללות על בסיס יוני ליתיום. לסוללות אלו יישומים נרחבים בטלפונים ניידים ובמחשבים נישאים.

אנרגיה ותחבורה:

חומרים לכבישים ולגשרים

בטון

פרויקט הבנייה הלאומי המאסיבי בארה"ב, החל משנות 1950, היה תלוי מאוד בחוזקו ובאריכות ימיו של הבטון לבנית כבישים וגשרים. המלט שיוצר בפורטלנד לראשונה בשנת 1824, נרשם כפטנט ליצירת בטון חזק, ע"י ג'וסף מוניר הצרפתי. בשנת 1877 פותחו שיטות כימיות להקשחה איטית של הבטון ולמילוי יעיל של החללים בין מרכיבי הבטון. היכולות של הבטון לשמור על צורתו המקורית וחוזקו, תלויים במידה רבה ביכולת השליטה על התהליך המורכב של יצור המלט. הוספה של כימיקלים שונים לאבקת המלט המקורית מקטינה את הצטמקותו של הבטון ומגדילה את עמידותו בפני קורוזיה.



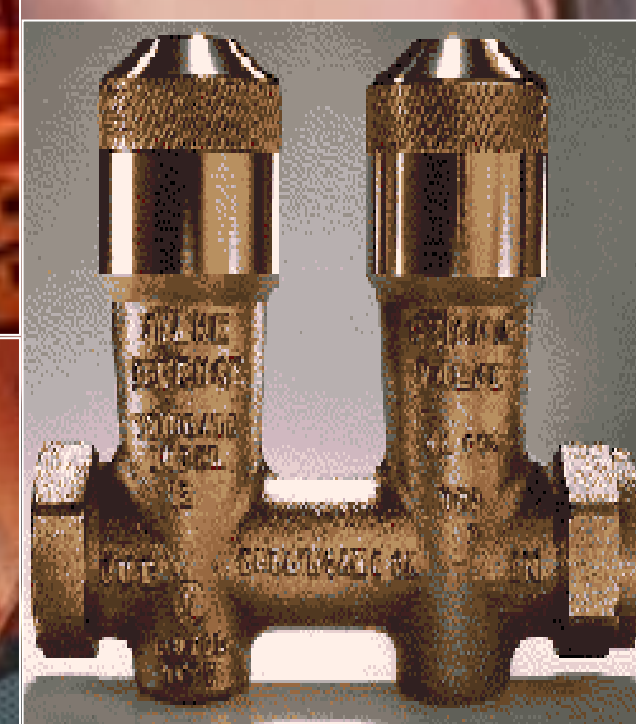
אספלט

האספלט הינו החומר הנפוץ ביותר לבניית כבישים, תודות למחירו הנמוך ולזמינותו בטבע. האספלט הטבעי התגלה בשנת 1595 ומאז שימש לציפוי כבישים עד שנת 1902. מאוחר יותר נתפס מקומו של האספלט הטבעי ע"י הביטומן, שהוא הפסולת המוצקה או החצי-מוצקה שנותרת מתהליך זיקוק הנפט. לאחרונה, פולימרים סינטטים מתווספים לביטומן כדי לשפר את תכונותיו ואורך חייו כחומר ציפוי לכבישים. הטכנולוגיה המודרנית ליצירת אספלט איכותי בעל יכולת להתמודד עם כלי רכב כבדים ולשרוד בתנאי אקלים קשים, נקראת סופרפייב:

Superior Performing Asphalt Pavement.

מתכות וסגסוגות

הפלדה הפכה לחומר הבנין הראשוני שבו משתמשים לבניית גשרים, הודות למשקלה הקל יחסית, חוזקה, יכולתה לשמור לאורך זמן על תכונותיה המקוריות, קלות התחזוקה וההרכבה, עלויות הרכבה נמוכות ועמידות לאסונות טבעיים, כגון רעידת אדמה. פלדה חדשה בעלת יכולות משופרות, פותחה בשנות ה-90, בעלת חוזק בלתי רגיל ועמידות גבוהה לקורוזיה. טכנולוגיה נוספת לשימור הפלדה בתהליך בניית הגשרים הוא תהליך הציפוי במתכות שונות, כגון אלומיניום או אבץ, אשר מותזים על פני משטח הפלדה הנקי ויוצרים שכבת מגן עמידה ליותר מ-30 שנה.



טכניקות לשימור ושיפור התשתיות

תשתיות הכבישים חייבות להיות מתוחזקות ועמידות לכל מזג אוויר ולפרקי זמן ארוכים. חידושים בטכנולוגיות סלילה ותחזוקה, על בסיס של חומרים חדשים, האריכו באופן משמעותי את זמן חיי הכבישים. פותחו חומרי איטום לבטון, לאספלט ולפלדה, כימיקלים ופולימרים אחרים, אשר משמשים כמאגדים לשיפור כבישי האספלט. לדוגמה, הפולימר סטירן-בוטאדיאן-סטירן מונע הווצרות של סדקים וחריצים בכבישים ומאריך את חייהם.



אנרגיה ותחבורה : דלקים פטרוכימיים

הפקת בנזין מנפט גולמי

התהליכים המקוריים להפקת בנזין מנפט גלמי, היו מבוססים על טמפרטורות גבוהות כדי לשבור את המולקולות הגדולות למולקולות קטנות יותר, בתהליך שנקרא פיצוח תרמי (1913). מאחר שבטמפרטורות גבוהות מתקבלים תוצרי לוואי בלתי רצויים, פותחה כבר בשנת 1928 הטכניקה של זיקוק בוואקום בטמפרטורות נמוכות יותר. השימוש בזרזים אינרטיים לפיצוח יעיל יותר, פותח ע"י יוג'ין הודרי ב-1936, ונכנס מיד לשימוש מסחרי. התהליך גרם למהפכה בתהליך הזיקוק של נפט, מהפיכה הנמשכת עד היום.

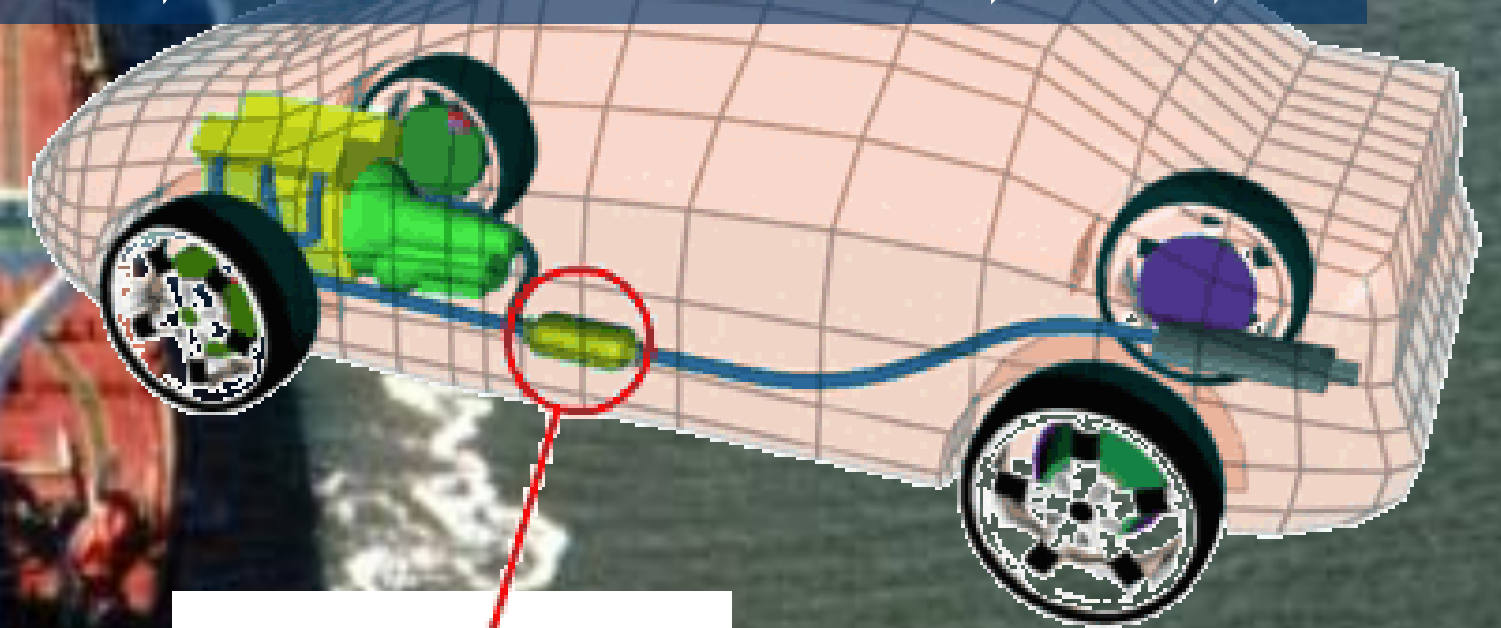


זיקוק הנפט



תוספי דלק

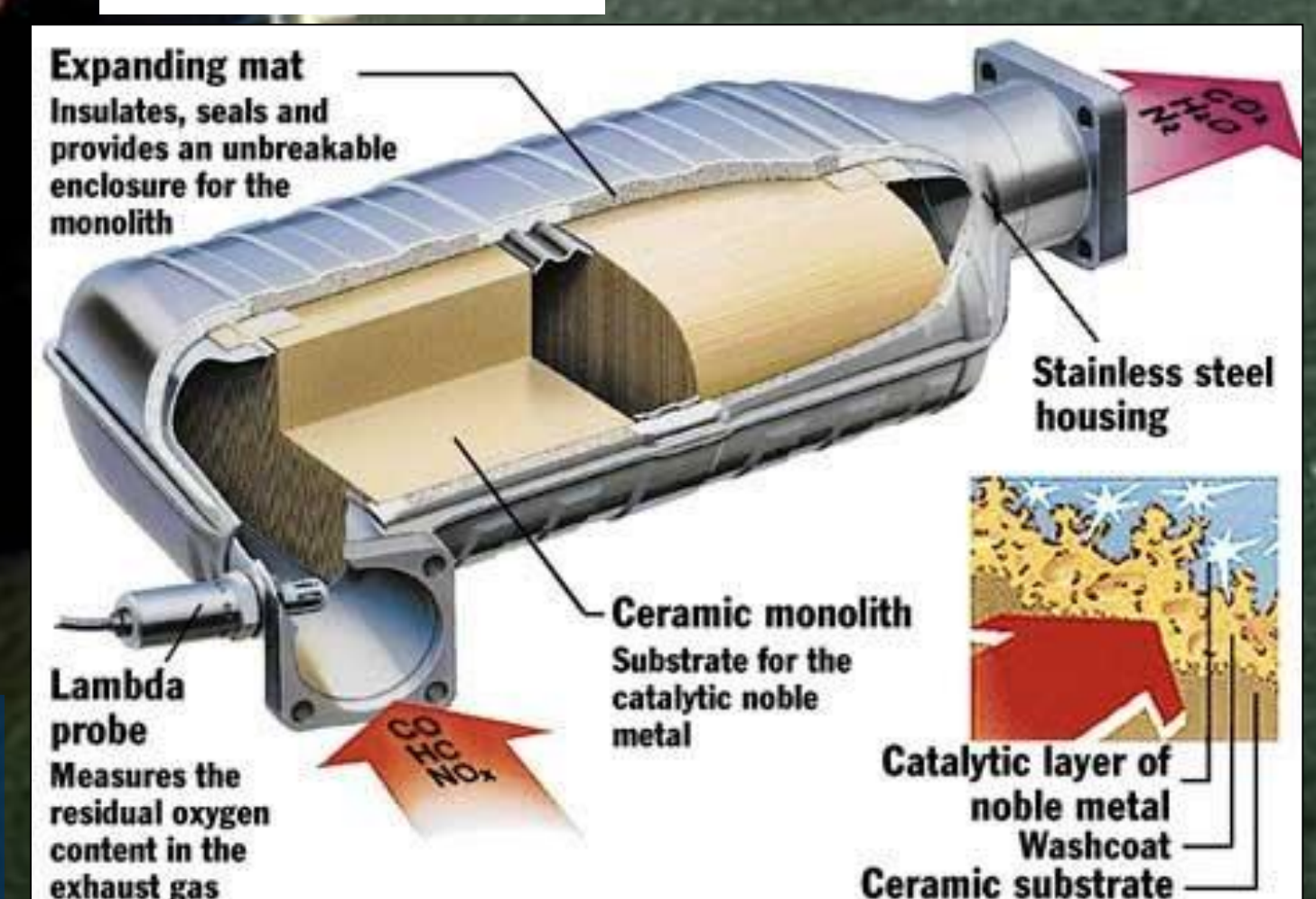
כלי הרכב הממונעים הראשונים התקלקלו לעיתים קרובות כתוצאה משימוש בבנזין בעל איכות נמוכה. בשנת 1921 נמצא כי הוספה של טטרא-אתיל-עופרת לבנזין גרמה למנועים לפעול באופן חלק ושקט יותר. כבר בשנת 1926 הוכנס לשימוש מספר האוקטן כמדד לאיכות הבנזין (עמידותו בדחיסה). השימוש בתוספי עופרת הופסק בשנות 1970 משיקולים של הגנת הסביבה. כיום מוסיפים לבנזין כמויות קטנות של כהלים ואתרים על מנת לשפר את דירוג האוקטן של איכות הבנזין, להקטנת החיכוך במנוע ולהארכת חייו. תוספים כימיים עונתיים באים לידי שימוש באזורים גיאוגרפיים מסויימים, כגון תוסף המתאנול למניעת קפאון הדלק.



Typical Catalytic Converter Location

ממירים קטליטיים
בשנת 1975 נכנסו לשימוש לראשונה, ממירים קטליטיים דו שלביים כדי להקטין את הפליטה של פחמן חד חמצני פחמימנים. מייד לאחר מכן, התווסף שלב קטליטי שלישי לסילוק החנקן החמצני מגזי הפליטה של המנוע. ממירים קטליטיים גורמים לסידרה של תגובות כימיות על גבי הזרז המתכתי, בדרך"כ פלטינה. התהליך ממיר חנקן חמצני לחנקן ולחמצן, פחמן חד חמצני הופך לפחמן דו חמצני והפחמימנים נשרפים למים ולפחמן דו חמצני.

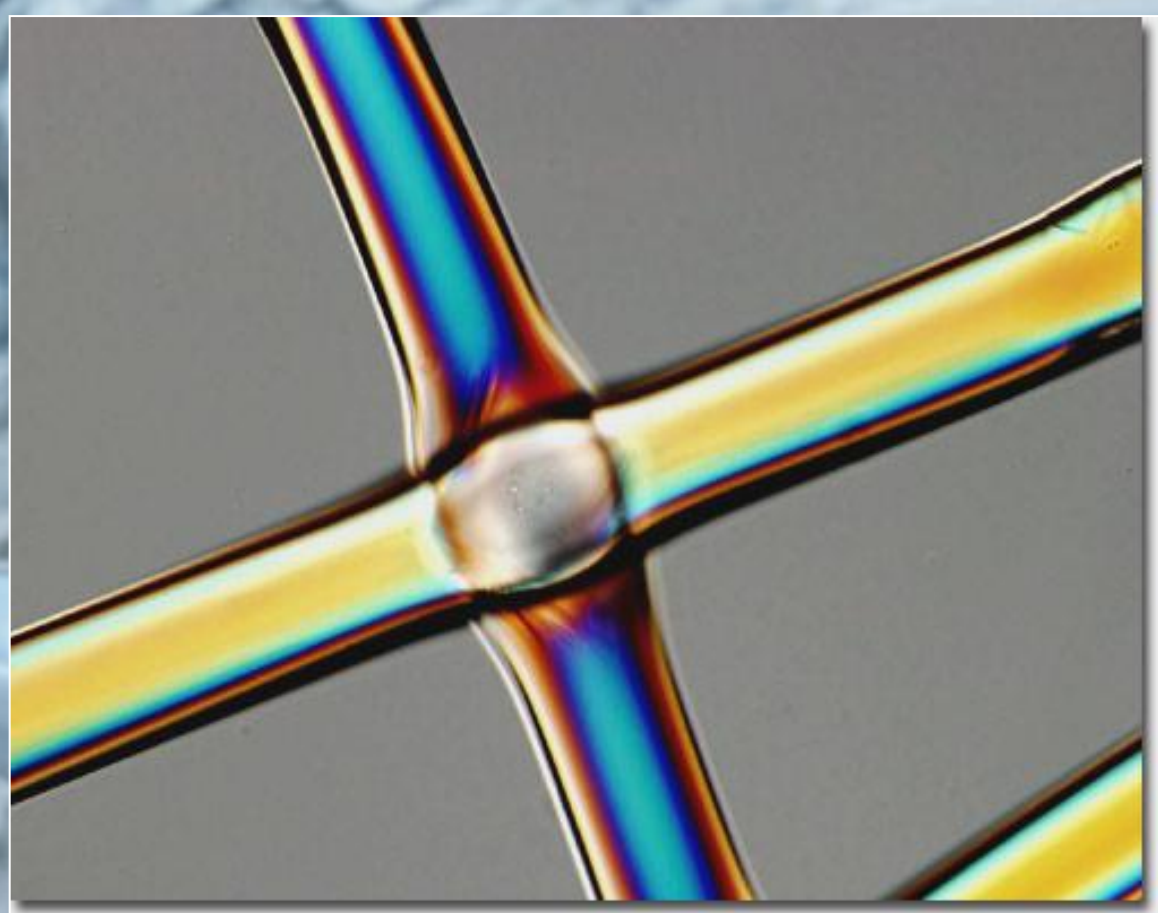
ממירים קטליטיים
תלת שלביים



אנרגיה ותחבורה:

כלי רכב ממונעים

חומרים מתקדמים לעיצוב, לנוחות ולבטיחות כלי הרכב של המאה ה-21 אינם דומים כלל לקודמיהם. מכל נקודת מבט, כולל עיצוב, נוחות ובטיחות לנוסעים. לפנסים הקדמיים ברכב יכולת גבוהה של פריקת מתח, המאפשרת הארה מקסימלית בשעות הלילה. הקורוזיה של מתכות נעלמה כמעט כליל עקב שימוש בציפויים ובחומרים מיוחדים. נוזלי קירור יעילים במערכת אטומה לסביבה שומרים על אקלים נוח ברכב, שמשות הזכוכית הוחלפו בחמרים מרוכבים, הכוללים פולימרים מיוחדים אשר מפחיתים את המשקל ומבודדים מפני הרעש החיצוני ומגנים מסינוור וקרינה אולטרה סגולה. חידושים בתחום הבטיחות כוללים סיבי פולימריים בחגורת הבטיחות (נדרשה בשנת 1960) וחמרים ייחודיים לשימוש בכריות האויר להגנת הנוסעים מפני תאונות (נדרשו בשנת 1996).



סיבים עשויים מפוליפרופילן

רכיבי הפלסטיק
הפחתת המשקל של כלי הרכב התאפשרה ע"י החלפת המתכות בחמרים פלסטיים וחמרים בעלי תכונות ייחודיות. לאחר מלחמת העולם השנייה, החלו יצרני הרכבים להשתמש בפולימרים חדשים, רובם מבוססים על חמרי גלם מתעשיית הנפט, ליצירת מבנים חזקים מבחינה מכנית ועמידים יותר למזג האוויר. לאחר משבר האנרגיה בשנות ה-70, חיפשו חמרים קלים יותר מהמתכות אבל חזקים מאד, על מנת לשפר את יעילות צריכת הדלק. הפיתוחים וההמצאות הרבות בתחום הזה כוללים צורות בעלות מבנה מורכב, פגושים טרמופלסטיים, סיבים עשויים מפוליפרופילן שצבעם אינו דוהה והם עמידים גם לקרינת UV, בעלי צביעה וציפוי מיוחדים וכו.



טכנולוגיית הצמיג
מוצרי גומי טבעי נכנסו לשימוש בשנות ה-1800 המוקדמות, אך אלו לא היו מעשיים מכיון שתכונות הקשיחות שלהם השתנו בטמפרטורות שונות. ממציא אמריקאי בשם צ'רלס גודייר, פיתח את תהליך הגיפור של גומי טבעי בשנת 1839. התהליך הינו צילוב קשרים לא רוויים ע"י גפרית. תהליך בסיסי זה עדיין נמצא בשימוש בתוספות של כימיקלים מזרזים ומייצבים. בשנת 1945 הוכנס לשימוש מסחרי הגומי הסינטטי. ככל שגברו הדרישות לצמיגים איכותיים יותר, פותחו שיפורים נוספים, כולל צמיג חלול פנימי במקום צמיג גומי מוצק, חיזוק ע"י הוספת כבלי חיזוק ואריגים מחמרים טבעיים או סינטטיים, ובעיקר כניסתם לשימוש של צמיגים חלולים ללא צמיג פנימי.



אנרגיה ותחבורה : אווירונאוטיקה

בלוני אוויר חם

החל משנת 1783, כאשר האדם טס לראשונה בכדור פורח המתרומם ע"י אוויר חם היוצא מלהבה, התפתחו חידושים רבים עבור כדורים פורחים המונעים בשיטה הזאת. האוויר החם הוחלף במהרה במימן, שקל יותר לשלוט בו. תעופה בכדורים פורחים הפכה לספורט פופולרי גם כיום, כאשר בארה"ב בלבד פועלים יותר מ-5000 טייסים בכדורים פורחים. הכימיה תרמה רבות לפיתוח אריגים לא יקרים, חזקים ועמידים לחום, לפיתוח טכנולוגיית הפרופאן הנוזלי ליצירת כח עילוי יעיל יותר של הבלונים.



הליום

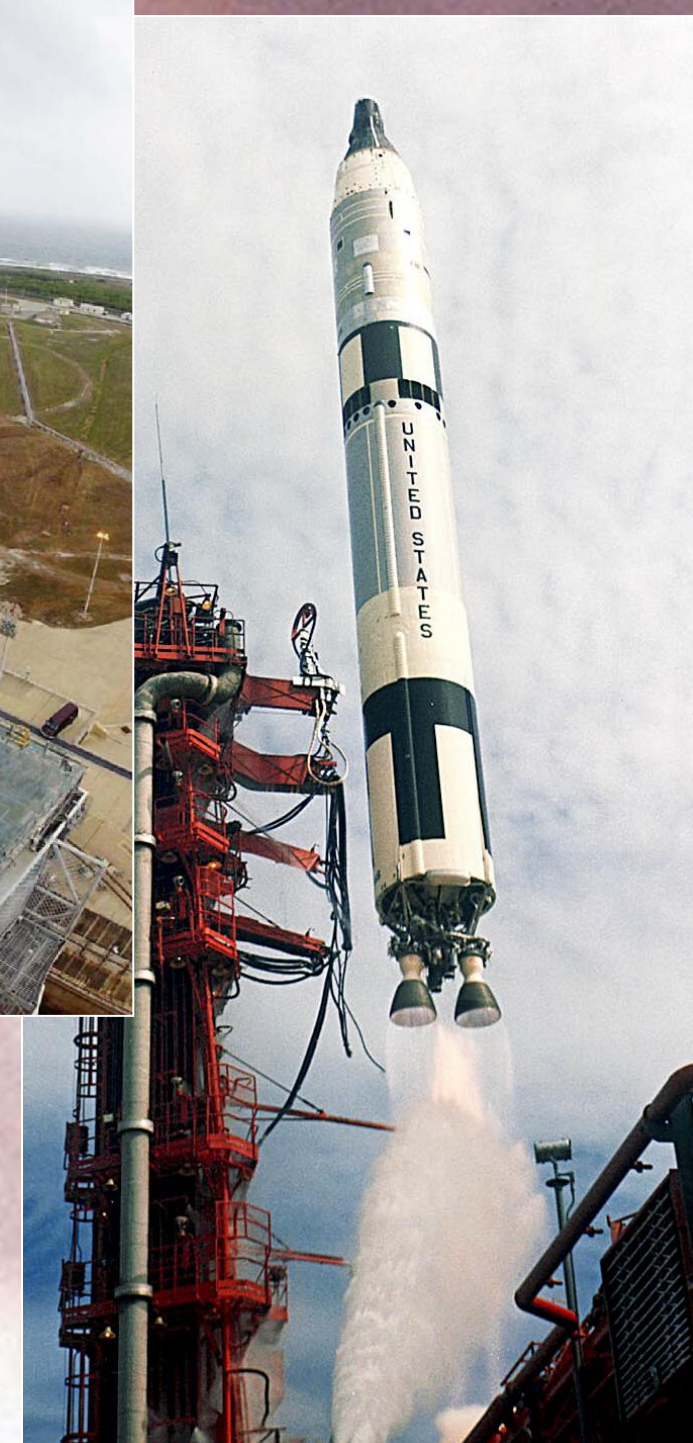
בלונים מלאים במימן, כמו כלי הטיס הינדנבורג, שחיוו הסתיימו באסון גדול (1937), היו מבנים קשיחים. הדליקות הגבוהה של גז המימן, הוותה תמיד סיכון ביטחוני. בשנת 1905 שני כימאים גילו הליום טבעי בבאר גז טבעי בקנזאס ולפתע היסוד הנדיר הזה הפך ליסוד זמין. במהלך מלחמת העולם הראשונה, תרמה הכימיה רבות לפיתוח הטכנולוגיה של הליום, כולל הפקה, אגירה, הובלה של הליום דרך הים בכמויות גדולות, ומילוי הליום בספינות אוויר במלחמת העולם השנייה. בשנת 1959, נעשה שימוש בהליום כאטמוספירה לתהליך הריתוך להכנת טילים וכחומר הודף שדוחף את הדלק למנועי הרקיטות.



אסון הינדנבורג, 1937

דלק טילים

חדירתה של האנושות לחלל מהווה הישג טכנולוגי אדיר, החל מהטילים הראשונים שנוסו בשנות ה-20, דרך הפיתוח של התיקשורת הלווינית של שנות ה-50 וכלה במעבורות החלל הניתנות למיחזור, של שנות ה-80. טיסות מוצלחות לחלל תלויות בטיילים בעלי יכולת האצה למהירויות גבוהות על מנת להתגבר על כוח המשיכה של כדור הארץ. הטיל הראשון שוגר בשנת 1926 ובו נעשה שימוש בבנזין נוזלי כדלק ובחמצן נוזלי כמחמצן. מאוחר יותר נעשה שימוש בדלקים ומחמצנים שונים, הן במצב צבירה מוצק והן בנוזלי. במעבורות החלל נעשה שימוש במימן נוזלי כדלק אך עבור המנוע המשגר נעשה שימוש בדלקים מוצקים של אלומיניום ואמוניום פרכלורט כמחמצן.



פיתוח חומרים ייחודיים למטוסים וטילים

מאז בניית המטוסים הראשונים מעץ ואריג עברה התעשייה הזאת במהירות לחומרים מהנדסים בטכנולוגיה כימית, אשר סיפקה חומרים חדשים בעלי תכונות ייחודיות. סגסוגות מתכתיות של אלומיניום וטיטניום פותחו על מנת לספק חוזק עם משקל נמוך, יציבות בטמפרטורות גבוהות ועמידות לקורוזיה. הטילים דורשים חומרים מיוחדים שעמידים בתנאים הקיצוניים בהם הם מתפקדים. אחת הדוגמאות היא האריח המיוחד שמטרתו להגן על מעבורות החלל בטמפרטורות גבוהות (1980). לאחר השימוש בחומרים אקזוטיים המכילים צירקוניום, עברו לאריחים מרוכבים המכילים סיבי סיליקון וחמרים קרמיים שונים.