

## Το επιστημονικό ατύχημα του Goodyear που κατέληξε στον ... βουλκανισμό του καουτσούκ

### Καουτσούκ και Βουλκανισμός

Το καουτσούκ (rubber, caoutchouc) είναι ένα ελαστομερές προϊόν, το οποίο παράγεται από τον γαλακτικό χυμό (**latex**) ορισμένων δένδρων (φυσικό καουτσούκ). Ανακαλύφθηκε στις αρχές του 16<sup>ου</sup> αιώνα στη Νότια Αμερική, αλλά δεν έτυχε ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, επειδή με θέρμανση γινόταν κολλώδες και έχανε το σχήμα του. Γι' αυτό η χρήση του ήταν περιορισμένη, μέχρι την ανακάλυψη του βουλκανισμού. Αργότερα, η ευρεία εφαρμογή του καουτσούκ συμβαδίζει με την ανάπτυξη της βιομηχανίας αυτοκινήτων.

**Βουλκανισμός** (vulcanization) είναι η χημική επεξεργασία του ακατέργαστου καουτσούκ με θείο στους 140° C που έχει ως στόχο τη βελτίωση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του ακατέργαστου καουτσούκ. Ο πρώτος που πέτυχε τη θείωση του καουτσούκ ήταν ο Αμερικανός **Charles Goodyear** (Τσαρλς Γκουντγιάρ).

Στη συνέχεια, περιγράφεται εν συντομία η ιστορία με το επιστημονικό ατύχημα του Goodyear που οδήγησε στον βουλκανισμό του καουτσούκ.



Συγκομιδή γαλακτικού χυμού (latex) από καουτσουκό-δεντρο.

### Το Πρόβλημα

Το έτος 1839, μια μικρή επιχείρηση παραγωγής καουτσούκ στην πόλη Woburn της Μασαχουσέτης αντιμετωπίζει προβλήματα επιβίωσης. Το καουτσούκ, ενώ σε θερμοκρασία δωματίου εμφανίζει εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής, σταθερότητας και ελαστικότητας που το κάνουν ιδιαίτερα χρήσιμο σε ποικίλες εφαρμογές, γίνεται άκαμπτο και εύθραυστο στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και κολλώδες στις θερμές μέρες του καλοκαιριού. Έτσι, η εταιρεία προσλαμβάνει κάποιον ο οποίος ισχυρίζεται ότι μπορεί να λύσει το πρόβλημα.

### Ο Αποτυχημένος και Χρεωκοπημένος Εφευρέτης

Αυτός ο κάποιος, που ονομάζεται Charles Goodyear, προσπαθεί να βρει χρηματοδότη να αγοράσει την ανακάλυψή του που κάνει το καουτσούκ σταθερό σε κάθε θερμοκρασία για χρόνια ολόκληρα. Παλαιότερα, είχε ανακαλύψει μια καλή βαλβίδα ασφαλείας από ορείχαλκο για φουσκωτά είδη από καουτσούκ, όμως η εφεύρεση δεν απέδωσε λόγω των ανεπίλυτων προβλημάτων του ίδιου του καουτσούκ. Έτσι, ο Goodyear σκέφτηκε ότι πρώτα έπρεπε να δώσει λύση στα προβλήματα του καουτσούκ. Ξεκίνησε λοιπόν διάφορα πειράματα, αλλά χωρίς επιτυχία. Και το χειρότερο: επειδή τα πειράματά του είχαν κόστος, αναγκάστηκε αρκετές φορές να χρεωθεί και μη έχοντας κάθε φορά να πληρώσει τα χρέη του, πέρασε αρκετό χρόνο μέσα στη φυλακή. Τα παιδιά του επιβίωναν χάρη στη φιλανθρωπία κάποιων γειτόνων αγροτών της περιοχής.

Παρά τις αποτυχίες του, ο Goodyear, απτόητος και πεισματάρης, συνέχισε τα πειράματά του. Ανάμεσα στις χημικές ουσίες που δοκίμασε ανεπιτυχώς για τη βελτίωση των ιδιοτήτων του καουτσούκ, όλα αυτά τα χρόνια, ήταν η μαγνησία (MgO), το



**Charles Goodyear (1800 – 1860)**  
Αμερικανός αυτοδίδακτος χημικός και μηχανικός βιομηχανίας, ο οποίος ανακάλυψε τον βουλκανισμό του καουτσούκ.

νιτρικό οξύ, το καστορέλαιο, φυτικές ουσίες κ.ά. Τελικά, η μεγάλη ανακάλυψη ήρθε τον χειμώνα του 1839, τότε που ο Goodyear στα πειράματά του είχε αρχίσει να χρησιμοποιεί το θείο (κοινώς θειάφι). Ένα πρωινό του Φεβρουαρίου έριξε κατά λάθος το μείγμα από καουτσούκ και θείο πάνω στην αναμμένη σόμπα. Όταν προσπάθησε να το καθαρίσει, παρατήρησε ότι αυτό αντί να έχει λιώσει σαν μελάσα, είχε αντιθέτως σχηματοποιηθεί και έμοιαζε με δέρμα! Η ελαστικότητα του «λάθους» ήταν απaráμιλλη και η σύνθεσή του τέτοια που μπορούσε κανείς πλέον να μιλάει για ένα τελείως διαφορετικό υλικό! Ο Goodyear είχε στα χέρια του το θερμικά σταθερό ελαστικό που ξέρουμε σήμερα.

Μολονότι η ανακάλυψή του λογίζεται συχνά από τις καταγραφές της Ιστορίας ως ένα από τα ευτυχή ατυχήματα στην πορεία των εφευρέσεων, ο Goodyear δεν το δέχτηκε ποτέ έτσι. Ισχυριζόταν δηλαδή ότι, όπως το μήλο του Νεύτωνα, το περιστατικό με την καυτή σόμπα είχε νόημα μόνο σε έναν άνθρωπο που είχε αφιερώσει τη ζωή του στην ανακάλυψη του ανθεκτικού ελαστικού και ήξερε κάθε μικρή διαφοροποίηση της ουσίας: «στο μυαλό του ανθρώπου που ήταν έτοιμος να συνάγει συμπέρασμα», δηλαδή, στον «άνθρωπο που είχε αφιερωθεί με επιμονή στο θέμα».



#### Η μεγάλη στιγμή ...

Η σόμπα που είχε ο Goodyear για να ζεσταίνει το χώρο όπου πειραματιζόταν εκείνες τις κρύες μέρες του Φεβρουαρίου του 1839, έκανε το θαύμα της: Το αρχικά άχρηστο μείγμα από καουτσούκ και θείο που έπεσε κατά λάθος επάνω της το μετέτρεψε στο πολυπόθητο ανθεκτικό ελαστικό!

Το 1844, ο Goodyear καταφέρνει να αποκτήσει ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας των ΗΠΑ για την εφεύρεσή του, όμως αυτό είναι και η τελευταία του καλή επιχειρηματική κίνηση, μολονότι η κατοχύρωση έγινε σε εξευτελιστικά χαμηλή τιμή. Γνωρίζοντας ότι στη Βρετανία υπάρχουν δύο μεγάλοι επιχειρηματίες στο εμπόριο του καουτσούκ, οι Thomas Hancock και Charles Macintosh, στέλνει έναν αντιπρόσωπό του για να προσπαθήσει να τους πουλήσει την ιδέα του.

### Ο Επιτυχημένος αλλά αιωνίως Χρεωκοπημένος Εφευρέτης

Οι δύο Βρετανοί επιχειρηματίες εξαπατούν τον απεσταλμένο του Goodyear. Του ζητούν να τους αφήσει μερικά δείγματα του νέου ελαστικού, τα οποία ο Hancock αναλύει στο εργαστήριό του και αφού διαπιστώνει ότι το θείο είναι εκείνο που κάνει το καουτσούκ θερμικά σταθερό, κατοχυρώνει την «ανακάλυψή» του με Βρετανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Μάλιστα, ονομάζει την κατεργασία της θείωσης του καουτσούκ **βουλκανισμό** από το όνομα του Ρωμαϊκού θεού της φωτιάς και της μεταλλουργίας Vulcanus. Παρά τις πολλές δικαστικές αγωγές που ακολούθησαν, η αξιοθαύμαστη εφεύρεση του Goodyear αποτυγχάνει να του φέρει φήμη και πλούτο. Ο τραγικός εφευρέτης του ελαστικού θα πεθάνει το 1860 βαθιά χρεωμένος, κυριολεκτικά στη ψάθα. Όμως, όσοι κληρονόμοι του επιβίωσαν (έξι από τα δώδεκα παιδιά του πέθαναν από υποσιτισμό τον καιρό που ο Goodyear έχανε



Vulcanus, ο θεός της φωτιάς (ηφαιστειών) και της μεταλλουργίας των Ρωμαίων, αντίστοιχος του δικού μας Ηφαιστου.

χρήματα στο «παιγνίδι» με το καουτσούκ) έγιναν βαθύπλουτοι χάρη στα δικαιώματα που τους εξασφάλιζε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του Goodyear στις ΗΠΑ.

Το όνομα του Goodyear μπορεί να ήταν κατασπλιωμένο στο χώρο των πιστωτών του, αλλά εμπορικά αντιπροσώπευε καθαρό χρυσάφι. Για να τον τιμήσουν, έστω και μετά θάνατον, αρκετές εταιρείες θα υιοθετήσουν το όνομα Goodyear και δύο εξ αυτών θα επιβιώσουν και μέσα στον 20ο αιώνα. Η φημισμένη ως τις μέρες μας εταιρεία ελαστικών The Goodyear Tire & Rubber Company γνώρισε την πρώτη εκρηκτική της άνοδο ήδη το 1898 με την ανακάλυψη του αυτοκινήτου.

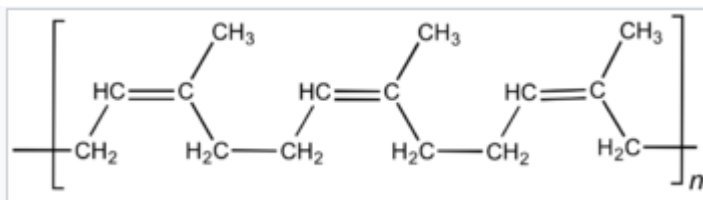


(A) Κατάλογος προϊόντων Εταιρείας Goodyear του 1901.

(B) Το διάσημο μικρό αερόστατο της εταιρείας Goodyear Tire & Rubber Company πάνω από πόλη των ΗΠΑ.

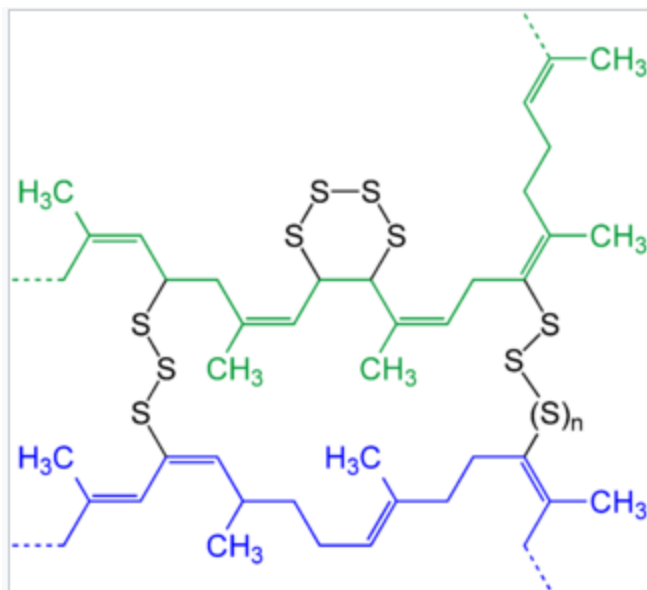
## Λίγη χημεία του καουτσούκ

Το καουτσούκ είναι ένας πολυμερής υδρογονάνθρακας του γενικού τύπου  $(C_5H_8)_n$  μεγάλου μοριακού βάρους, με δομικό λίθο το **ισοπρένιο** (2-μεθυλοβουτα-1,3-διένιο),  $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$ . Ο συντακτικός τύπος του καουτσούκ φαίνεται παρακάτω. Παρατηρούμε ότι το μόριο του καουτσούκ αποτελείται από έναν τεράστιο αριθμό ισοπρενικών ομάδων, κανονικά διατεταγμένων σε ευθεία, ανοικτή αλυσίδα με *cis*-κατανομή ως προς τον διπλό δεσμό.



Ο συντακτικός τύπος του *cis*-πολυϊσοπρενίου, του κύριου συστατικού του φυσικού καουτσούκ.

Κατά τον λεγόμενο **θερμό βουλκανισμό** του καουτσούκ, μίγμα καουτσούκ και θείου θερμαίνεται στους 140°C επί 3-4 ώρες, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται διάφοροι επιταχυντές (π.χ. θειαζόλιο, θειοφωσφορικά, κ.λπ). Κατά την αντίδραση αυτή, ο διπλός δεσμός ανορθώνεται εν μέρει και σχηματίζονται θειαιθερικές γέφυρες είτε εντός ενός και του αυτού μορίου, οπότε σχηματίζονται ετεροκυκλικοί δακτύλιοι, είτε μεταξύ διαφόρων μορίων. Τα νέα αυτά μόρια δεν είναι πλέον ίνες, αλλά τρισδιάστατα μόρια, μεγαλύτερου μοριακού βάρους από το ακατέργαστο καουτσούκ.



Σχηματική απεικόνιση δύο κλώνων (μπλε και πράσινος) φυσικού καουτσούκ, μετά τον βουλκανισμό με στοιχειακό θείο.

Το **συνθετικό καουτσούκ**, όπως άλλα πολυμερή, παρασκευάζεται από μονομερή που έχουν ως βάση το πετρέλαιο. Τα πιο διαδεδομένα συνθετικά καουτσούκ είναι τα προερχόμενα από συμπολυμερισμό στυρενίου και 1,3-βουταδιενίου (styrene-butadiene rubbers, SBR).

Οι εφαρμογές του βουλκανισμένου καουτσούκ καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα προϊόντων, όπως ελαστικά αυτοκινήτων, σόλες υποδημάτων, εύκαμπτοι σωλήνες, μάντες, σωσίβιες λέμβοι κ.λπ.

## Βιβλιογραφία και πηγές από το Διαδίκτυο

Γεωργίου Βάρβογλη και Νικολάου Αλεξάνδρου, «Οργανική Χημεία» 4<sup>η</sup> Έκδοση 1970

<http://www.pslc.ws/mactest/exp/rubber/bepisode/vulcan.htm>

<https://corporate.goodyear.com/en-US/about/history/charles-goodyear-story.html>

[http://amfipolinews.blogspot.gr/2015/01/o\\_13.html](http://amfipolinews.blogspot.gr/2015/01/o_13.html)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Goodyear](https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Goodyear)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Vulcanization>

<http://www.nocil.com/Downloadfile/DTechnicalNote-Vulcanization-Dec10.pdf>