



The Nobel Prize in Physics 2003

"for pioneering contributions to the theory of superconductors and superfluids"



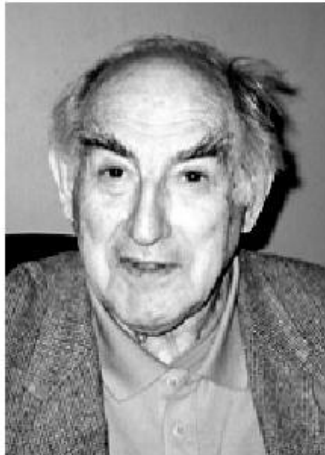
Alexei A. Abrikosov

🕒 1/3 of the prize

USA and Russia

Argonne National
Laboratory
Argonne, IL, USA

b. 1928



Vitaly L. Ginzburg

🕒 1/3 of the prize

Russia

P.N. Lebedev Physical
Institute
Moscow, Russia

b. 1916
d. 2009



Anthony J. Leggett

🕒 1/3 of the prize

United Kingdom and USA

University of Illinois
Urbana, IL, USA

b. 1938

Υπερρευστό:

Το πιο ελαφρύ από τα σπάνια **αέρια το ήλιο, υπάρχει σε δύο ισότοπα**. Η συνηθισμένη μορφή ${}^4\text{He}$ έχει δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια. Η σπάνια μορφή ${}^3\text{He}$ έχει μόνον ένα πρωτόνιο. Στο ήλιο που υπάρχει στη φύση το ${}^3\text{He}$ αποτελεί ένα μέρος στα δέκα εκατομμύρια. Τα τελευταία 50 χρόνια παράγεται αρκετό ${}^3\text{He}$ για πειράματα, από τα πυρηνικά εργοστάσια. Σε αέρια μορφή τα δύο ισότοπα διαφέρουν μόνο στα ατομικά βάρη.

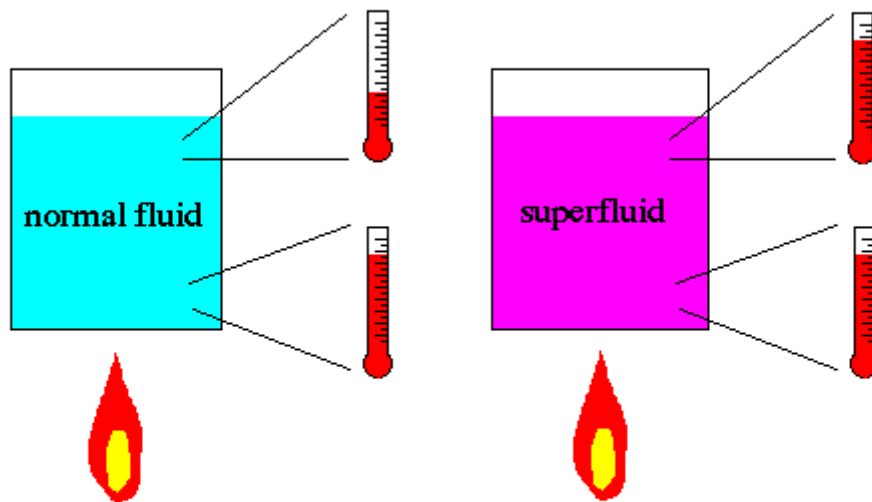
Αν το αέριο ήλιο ψυχθεί σε χαμηλή θερμοκρασία, περίπου 4 βαθμούς πάνω από το απόλυτο μηδέν, τότε υγροποιείται. Το υγρό ήλιο χρησιμοποιείται σαν ψυκτικό σε υπεργώγιμους μαγνήτες. Αν η θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή, τότε τα δύο ισότοπα έχουν τις ίδιες ιδιότητες.

Αν το υγρό ήλιο ψυχθεί σε ακόμη χαμηλότερη θερμοκρασία, τότε συμβαίνουν δραματικές μεταβολές στη συμπεριφορά των δύο ισωτόπων. Εμφανίζονται κβαντικά φαινόμενα με αποτέλεσμα να εξαφανίζεται η αντίσταση στην κίνηση των μορίων.

Τότε το υγρό ήλιο έχει μετατραπεί σε υπερρευστό. Η μεταβολή αυτή συμβαίνει σε διαφορετική θερμοκρασία για τα δύο ισότοπα. Τα φαινόμενα που παρουσιάζονται είναι θεαματικά, όπως το υγρό που διαφεύγει από τους πόρους του δοχείου. Τα φαινόμενα αυτά εξηγούνται μόνο με την κβαντική φυσική.

Η υπερρευστότητα είναι η κατάσταση του υγρού ηλίου όταν ψύχεται κάτω από τους 2.18 K (-270.97 C), (σημείο λ). Ο όρος επινοήθηκε από τον Σοβιετικό φυσικό Pyotr Kapitsa το 1938. Το φαινόμενο ερμηνεύθηκε σχεδόν αμέσως από τον Lev Landau ο οποίος πήρε και βραβείο Nobel 1962 για την ανακάλυψη αυτή. (Ο Kapitsa βραβεύτηκε το 1978. Η μετατροπή του ^4He από κανονικό ρευστό σε υπερρευστό που συμβαίνει σε θερμοκρασία 2 βαθμών πάνω από το απόλυτο μηδέν, είναι το πρώτο παράδειγμα της συμπύκνωσης Bose-Einstein. Πρόσφατα έχει παρατηρηθεί και σε διάφορα αέρια. Η μετατροπή του ^3He σε υπερρευστό επιτεύχθηκε μόλις το 1970 από τους D. Lee, D. Osheroff και R. Richardson (Nobel 1996). Μία από τις αιτίες που καθυστέρησε η ανακάλυψη αυτή είναι η θερμοκρασία υγροποίησης του ^3He είναι πολύ χαμηλή, μερικά χιλιοστά του βαθμού. Παρ' ότι το ^3He διαφέρει κβαντικά από το ^4He και δεν μπορεί να κάνει συμπύκνωση Bose-Einstein το φαινόμενο ήταν αναμενόμενο

superfluids conduct heat perfectly



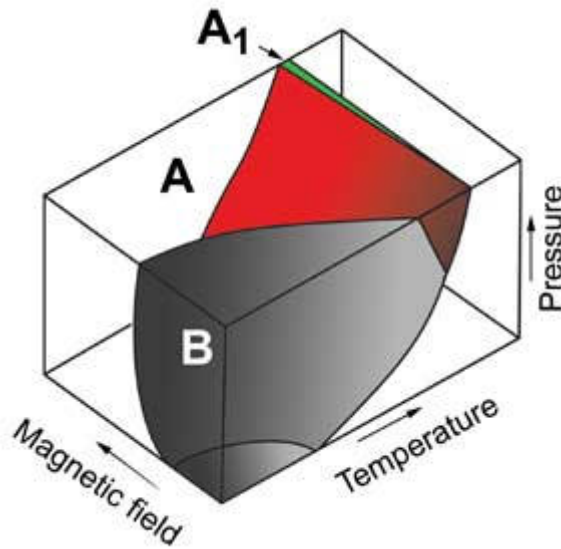
with a normal fluid (such as water) it takes time for the heat to travel within the container, thus it is hotter at the bottom of a heating glass

with a superfluid the heat is conducted instantly to all points in the container

Ενώ σε ένα κανονικό υγρό η θερμότητα μέσα σε ένα θερμαινόμενο γυάλινο δοχείο διαδίδεται ακαριαίως

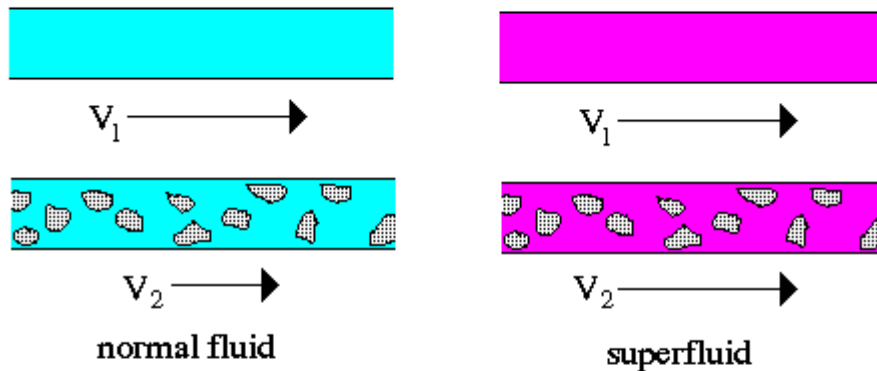
Ο θεωρητικός που πρώτος κατόρθωσε να ερμηνεύσει τις ιδιότητες του νέου υπερρευστού ήταν ο **Anthony Legget**, ο οποίος το 1970 εργαζόταν στο Πανεπιστήμιο του Σάσσεξ στην Αγγλία. Η θεωρία του βοήθησε τους πειραματικούς να κατανοήσουν τα αποτελέσματα και διαμόρφωσε ένα πλαίσιο για συστηματική ερμηνεία. Η θεωρία του Legget που αναπτύχθηκε για την υπερρευστότητα του He

αποδείχθηκε χρήσιμη και σε άλλα πεδία της όπως η Σωματιδιακή Φυσική και η Κοσμολογία.



Σαν υπερρευστό το ^3He αποτελείται από ζευγάρια ατόμων και οι ιδιότητες του είναι πιο πολύπλοκες από εκείνες του ^4He . Τα ζευγάρια των ατόμων του υπερρευστού έχουν μαγνητικές ιδιότητες με αποτέλεσμα το υγρό να είναι ανισότροπο. Αυτό το φαινόμενο ερευνήθηκε εκτενώς μετά την ανακάλυψη του. Με μαγνητικές μετρήσεις ανακαλύφθηκε ότι το υπερρευστό έχει πολύπλοκη δομή και αποτελείται από ένα μείγμα τριών φάσεων. Οι τρεις φάσεις έχουν διαφορετικές ιδιότητες και η αναλογία τους εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και τα εξωτερικά μαγνητικά πεδία.

superfluids flow with no resistance



a normal fluid flows with some velocity V_1 - placed in its way it moves with velocity V_2 where $V_2 < V_1$
 a superfluid moves at the same rate regardless of obstacles that is $V_2 = V_1$ at all times

Ένα κανονικό υγρό όταν συναντήσει αντίσταση κινείται με μικρότερη ταχύτητα ενώ ένα υπερρευστό με την ίδια

Υπεραγωγιμότητα

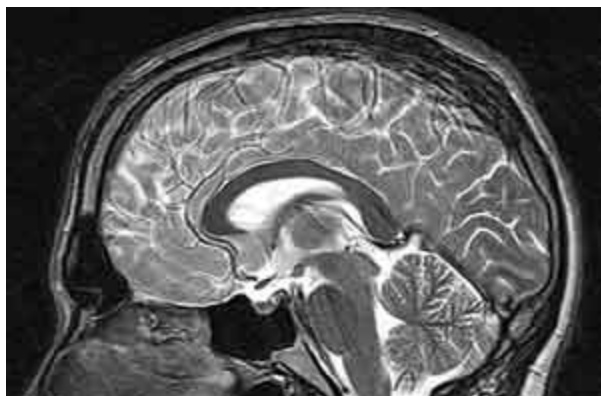
Γνωρίζουμε από τα πειράματα που έγιναν στον ηλεκτρισμό από τον 19 αιώνα, ότι τα μέταλλα επιτρέπουν το πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος γιατί επιτρέπουν την κίνηση των ηλεκτρονίων ανάμεσα στα άτομα. Η ανοργάνωτη αυτή κίνηση των

ηλεκτρονίων προκαλεί ταλάντωση των ατόμων και τελικά ανεβαίνει η θερμοκρασία του μετάλλου. Επίσης είχε βρεθεί ότι το πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από έναν αγωγό, δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, το οποίο στη συνέχεια δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα στην αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός αλληλεπιδρούν και είναι δυνατόν να αλληλοεξουδετερωθούν.

Το 1911 ο Ολλανδός φυσικός Heike Kamerling Onnes έκανε μια σημαντική ανακάλυψη. Ενδιαφέρονταν για τις ιδιότητες των υλικών σε χαμηλές θερμοκρασίες και πέτυχε να παράγει υγρό ήλιο σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία. Όταν ο Onnes μελετούσε την αγωγιμότητα του υδραργύρου παρατήρησε ότι όταν έψυχε το μέταλλο με υγρό ήλιο σε θερμοκρασία κοντά στο απόλυτο μηδέν, η αντίσταση του μηδενίζονταν. Ονόμασε το φαινόμενο αυτό, υπεραγωγιμότητα. Παρ'όλο που ακόμη δεν υπήρχε θεωρητική εξήγηση του φαινομένου ήταν φανερό ότι θα είχε σοβαρές επιδράσεις σε μία κοινωνία που στηρίζονταν στον ηλεκτρισμό. Γι'αυτό ο Onnes τιμήθηκε με το βραβείο Nobel φυσικής το 1913.

Το 2003 οι **Alexei Abrikosov** και ο **Vitaly Ginzburg**) τιμήθηκαν για την ανάπτυξη θεωρίας για την υπεραγωγιμότητα την οποία μπορείτε να διαβάσετε. (Η θεωρία του Abrikosov στηρίχθηκε στη θεωρία που διατύπωσαν στις αρχές του 1950 οι Vitaly Ginzbourg και Lev Landau -ο τελευταίος πήρε το Nobel φυσικής το 1962

Η ψύξη είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την χρησιμοποίηση των υπεραγωγών. Ένα σημαντικό όριο είναι η θερμοκρασία βρασμού του υγρού αζώτου $77 \text{ }^\circ\text{K}$ ($-196 \text{ }^\circ\text{C}$) γιατί το υγρό άζωτο κοστίζει λιγότερο και χρειάζεται οικονομικότερες εγκαταστάσεις σε σχέση με το υγρό ήλιο που χρησιμοποιείται για τους άλλους υπεραγωγούς.



. Μαγνητική τομογραφία ανθρώπινου εγκεφάλου. Η διακριτική ικανότητα της κάμερας εξαρτάται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Σήμερα χρησιμοποιούνται υπεραγώγιμοι ηλεκτρομαγνήτες από υπεραγωγούς τύπου II.

Πηγή: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2003/

Επιμέλεια : Ε. Χριστοπούλου