وقد أعقب هذا الاكتشاف المفاجئ ملاحظة أخرى لكل من وليم كيسوم وج. كوك هي أن مشتق الحرارة النوعية لناقل فائق يقفز فجأة عندما يبرد الجسم لدرجة حرارة أخفض من T_c. وتعد هاتان المشاهدتان في يومنا هذا (وهي الطرد الكلي للحقل المغنطيسي وشذوذ الحرارة النوعية من النوعية الأولى) أساساً ذهبياً لإثبات وجود الناقلية الفائقة بوصفها حالة ترموديناميكية (ويروى أيضاً أن هذه القياسات قد قامت بها زوجة كيسوم التي كانت أيضاً فيزيائية ولكن لم يتم الإشارة إليها في ذلك الوقت).

كما شهدت أواسط ثلاثينيات القرن الماضي اكتشاف ليف شوبنيكوف للناقلية الفائقة في الخلائط المعدنية –حيث يكون الحقل المغنطيسي الحرج لهذه المواد أكبر بكثير منه في المعادن العنصرية البسيطة (نذكر أن الحقل المغنطيسي الحرج هو الحقل المغنطيسي الذي تختفي فوقه الناقلية الفائقة). وقد سيطرت الدراسة النظرية والتجريبية لهذه المواد (والتي سميت النوع II) سريعاً على البحث العلمي في الناقلية الفائقة، بالأخص في الاتحاد السوفييتي وذلك بقيادة كل من بيوتر كابيتزا وليف لانداو وشوبنيكوف نفسه. وقد استمر النشاط النظري السوفييتي في الميكانيك الإحصائي للناقلية الفائقة (وفي الظاهرة القريبة وهي الميوعة المفرطة Superfluidity) خلال الحرب العالمية الثانية والحرب الباردة، حيث كانت الريادة لكل من فيتالي غينزبورغ، وألكسي أبريكوزوف وليف غوركوف.

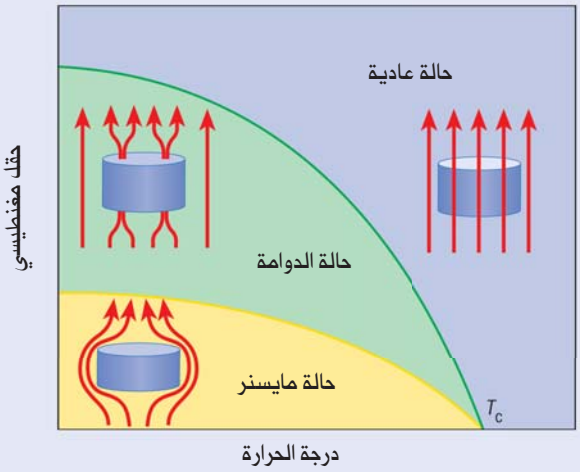
مع أن كثيراً من هذه الأبحاث لم تكن معروفة للغرب في ذلك الزمان إلا أن نموذج غينزبورغ – لانداو – أبريكوزوف – غوركوف المعروف بـ GLAG هو الأساس لكثير من تطبيقات الناقلية الفائقة. ويعد هذا النموذج مفيداً لأنه مبنيٌ على الاختبار وترموديناميكي بطبيعته، ومن ثم فهو لا يتعلق بالفيزياء المجهرية المتضمنة تحولاً طورياً من المرتبة الثانية سواء كان مغناطيسياً، أم حالة ميوعة مفرطة أم ناقلية فائقة.

نحو نظرية BCS:

لقد كان التقدم باتجاه النظرية الأساسية التي تفسر ظاهرة الناقلية الفائقة أكثر بطئاً. فقد اقترح كل من فريتز وهينز لندن في عام 1935 نوعاً من "التعديل" لمعادلات ماكسويل التأسيسية وذلك لإدخال مفهوم "عمق الاختراق" لحقل مغنطيسي خارجي مطبق تحت سطح ناقل فائق.

لقد كان من الواجب أن ننتظر حتى منتصف الخمسينيات للكشف عن سر الناقلية الفائقة، بعد محاولات يائسة من قبل ألمع فيزيائيي القرن العشرين بمن فيهم ديراك، وأينشتاين، وفَيْمان وباولي. وقد تم ذلك على يد كل من جون باردين، ليون كوبر وروبرت شريفر حيث وضعوا نظرية تدعى اليوم BCS استحقوا عليها جائزة نوبل للفيزياء لعام 1972. لقد كان المفتاح هو فكرة أن غازاً من الإلكترونات يكون مستقراً بوجود تجاذب بسيط مما يؤدي لتشكل أزواج من الإلكترونات مرتبط بعضها ببعض، وتحقَّق فيما بعد باردين وطالبه شريفر أن الحالة الكوانتية الناتجة من ذلك يجب أن تكون جهرية وإحصائية الطبيعة.

الشكل 1 : اخرج و ابق في الخارج :



أحد أهم خصائص المواد ذات الناقلية الفائقة غير الاعتيادية هو ما يحصل عند وضعها بالقرب من حقل مغنطيسي. في درجات الحرارة العالية وحقول شديدة (المنطقة الزرقاء) تمر خطوط الحقل بشكل مستقيم ضمن المادة كما هو متوقع. ولكن، كما اكتشف كل من والتر مايسنر وروبرت أوشسنفيلد في عام 1933، عند تبريد ناقل فائق إلى درجة حرارة أخفض من درجة حرارته الحرجة، وهي الدرجة التي يمكن عندها للتيار الكهربائي أن يمر بدون مقاومة فإن خطوط الحقل المغنطيسي تطرد من المادة وتجبر أن تلتف حولها– وهو ما يدعى فعل مايسنر. (المنطقة الصفراء). بعض المواد ذات الناقلية الفائقة التي تعرف بالنوع الثاني يمكن أن توجد بحالة تدعى حالة الدوامات (المنطقة الخضراء) حيث توجد مناطق ذات مقاومة كهربائية ومناطق ذات ناقلية فائقة معاً. تستخدم عادةً تجارب الحمل (الرفع) المغنطيسي التوضيحية النواقل الفائقة من النوع الثاني لأن الدوامات المغنطيسية تلتصق بالعيوب البلورية مما يجعل المغنطيس مستقراً ولا ينزلق لأي من الجانبين.