



# LUND UNIVERSITY

## Lars Hedin och fasta tillståndets teori

Om Lars Hedin och hans forskargärning samt hur den teoretiska forskningen, inom fasta tillståndets fysik, i Lund tog sin början och utvecklades under hans ledning.

Almbladh, Carl-Olof; von Barth, Ulf; Forkman, Bengt; Holmin Verdozzi, Kristina

*Published in:*

Fysik i Lund i tid och rum

2016

*Document Version:*

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Almbladh, C.-O., von Barth, U., Forkman, B. (Red.), & Holmin Verdozzi, K. (Red.) (2016). Lars Hedin och fasta tillståndets teori: Om Lars Hedin och hans forskargärning samt hur den teoretiska forskningen, inom fasta tillståndets fysik, i Lund tog sin början och utvecklades under hans ledning. I *Fysik i Lund i tid och rum* Gidlunds förlag i samarbete med Fysiska institutionen, Lunds universitet.

*Total number of authors:*

4

*Creative Commons License:*

CC BY

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

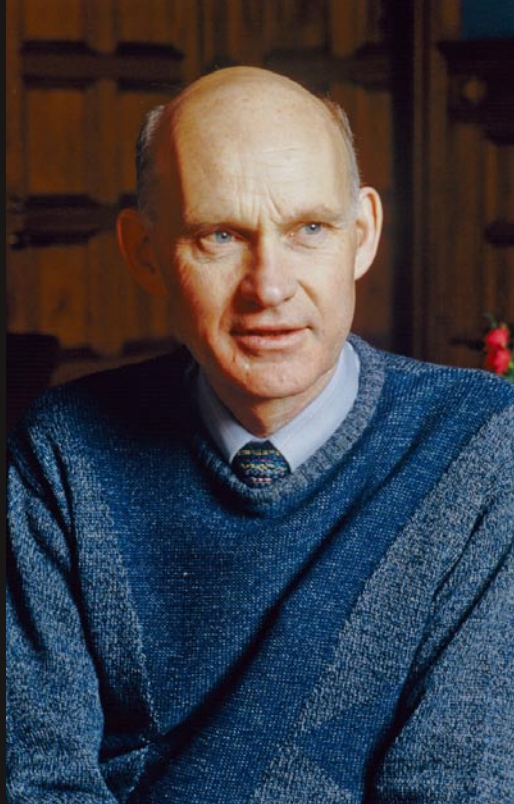
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

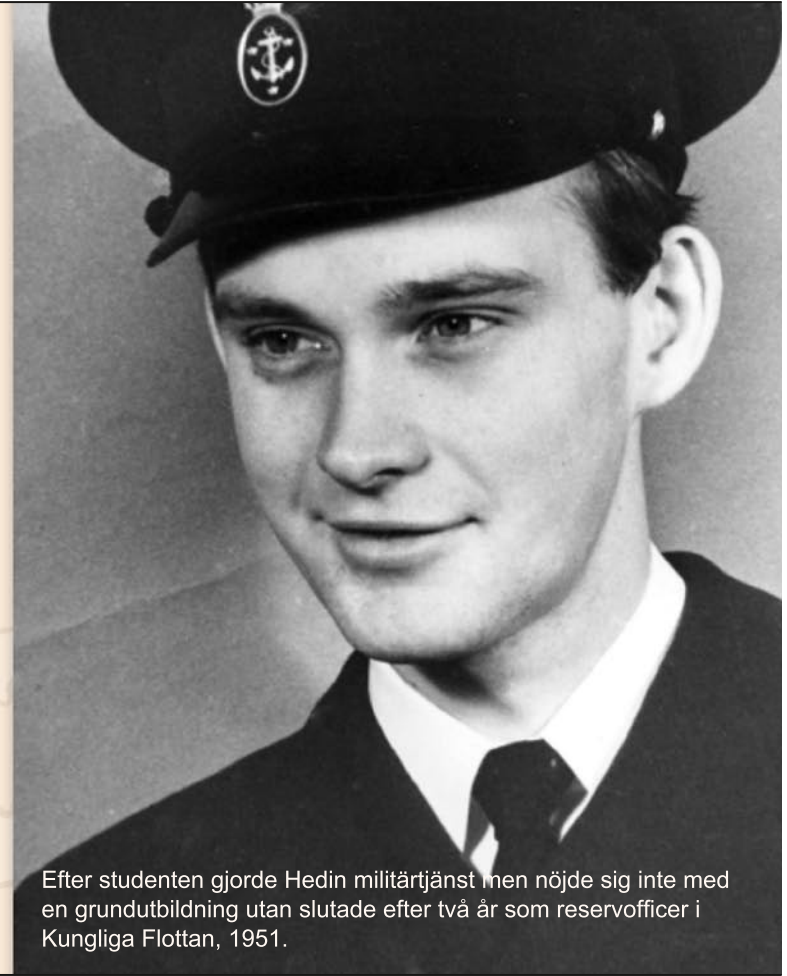


## Lars Hedin och fasta tillståndets teori

Om Lars Hedin och hans forskargärning samt hur den teoretiska forskningen, inom fasta tillståndets fysik, i Lund tog sin början och utvecklades under hans ledning.

## Student i teknisk fysik

Lars Hedin föddes den 6 februari, 1930 i Örebro. Hans far och farfar var civilingenjörer med elektroteknik som specialitet men själv valde Hedin i stället att studera Teknisk Fysik vid Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), en utbildning med hög status och speciellt lämpad för en karriär som forskare.



Efter studenten gjorde Hedin militärtjänst men nöjde sig inte med en grundutbildning utan slutade efter två år som reservofficer i Kungliga Flottan, 1951.

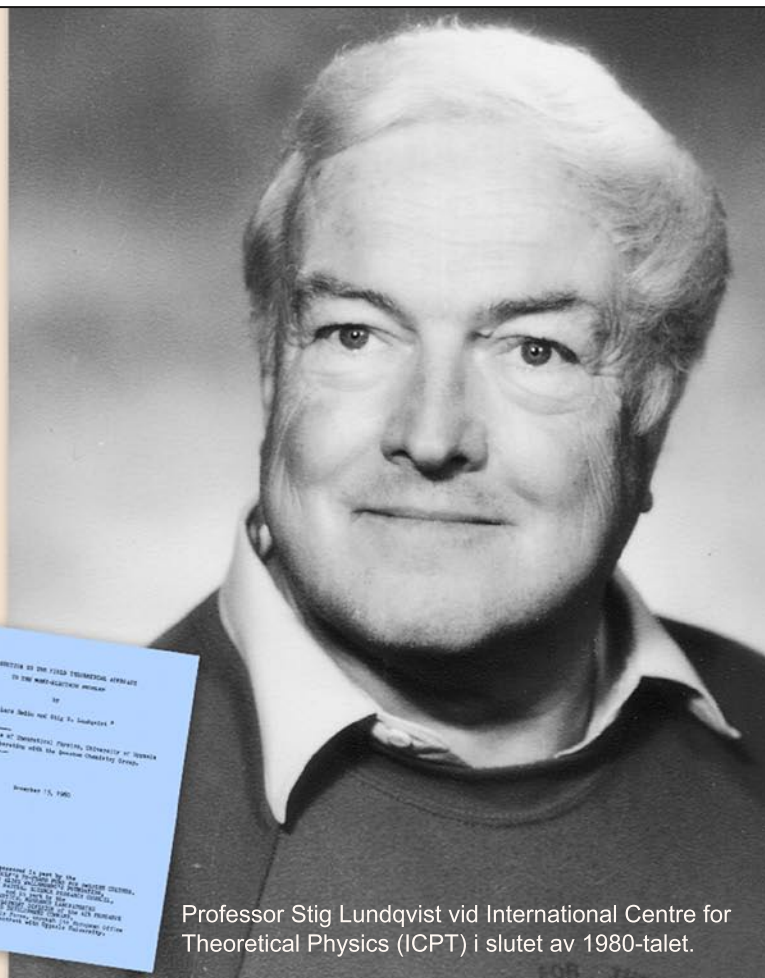
# Mångpartikelproblem



Efter civilingenjörsexamen 1955 började Hedin forska under ledning av professor Lamek Hultén. Det resulterade i en licentiatavhandling om elastiska egenskaper hos kristaller 1960.

Därefter bar det iväg till den nystartade kvantkemiska gruppen i Uppsala där Hedin träffade den entusiastiske docenten Stig Lundqvist, en framstående ledare inom internationell fysikforskning under 70- och 80-talen.

De båda kollegorna föresatte sig att tillämpa kvantfältteori och Feynmandiagram, som visat sig framgångsrika inom kärn- och partikelfysiken, på mångpartikelproblem av stor betydelse för förståelsen av fasta kroppar.



Professor Stig Lundqvist vid International Centre for Theoretical Physics (ICTP) i slutet av 1980-talet.

# Argonne National Laboratory



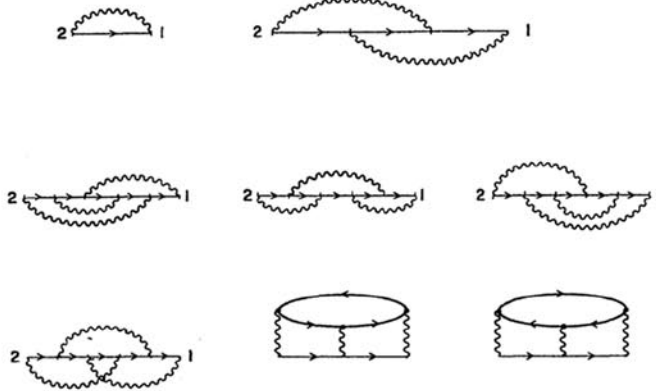
PHYSICAL REVIEW VOLUME 139, NUMBER 3A 2 AUGUST 1965

## New Method for Calculating the One-Particle Green's Function with Application to the Electron-Gas Problem\*

LARS HEDIN†

Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois

(Received 8 October 1964; revised manuscript received 2 April 1965)



Diagrams representing the expansion of  $M(1,2)$ . The one-particle Green's function  $G(1,2)$  is represented by an arrow from 2 to 1, and the screened potential  $W(1,2)$  by a wiggly line between 1 and 2.

Med stöd i sin forskning i Uppsala blev nu Hedin och Lundqvist svenska pionjärer inom denna nya, fruktbara gren av den teoretiska fysiken. Framgångarna gav Hedin ett anslag för en vistelse vid Argonne National Laboratory, Illinois, 1962 - 64.

Tiden vid Argonne blev mycket framgångsrik och resulterade bland annat i en numera välkänd artikel i tidskriften *Physical Review*. Artikeln, som idag har långt över 2000 citeringar, lade grunden för den berömda *GW-approximationen*.





## GW-approximationen

Lars Hedins *GW-approximation* är idag en standardmetod för att beräkna bandgap i halvledarmaterial, något som är av stor betydelse för att finna nya halvledare, som kan resultera i bättre ljuskällor och i ännu mindre och snabbare elektronikkomponenter.

Approximationen möjliggjorde under 1980-talet att man för första gången kunde beräkna sådana bandgap med enbart naturkonstanter som elektronladdningen och Plancks konstant som ingredienser.



I Bad-Honnef år 2005 samlades hundratalet forskare från hela världen för att under en veckas konferens kalla *40 years of GW* hedra Lars Hedin och hans betydelsefulla insatser.

# Disputation

Efter perioden vid Argonne flyttade Hedin med familjen till Göteborg och en docenttjänst vid Chalmers Tekniska Högskola 1964 där vännen Lundqvist blivit professor året innan.

Med arbetena från Argonne som bas disputerade Hedin den 30 oktober, 1965 på en avhandling med titeln *Application of many-body theory to the one-electron problem of atoms, molecules and solids*.



Lars Hedin disputerar 1965. Fakultetsopponenten (t.v.) var den tre år äldre Alf Sjölander, en av Sveriges genom tiderna duktigaste teoretiska fysiker.



## Chalmerstiden



Hedin förklarar sin variant av mångpartikelteori för kollegor vid Chalmers.

Under tiden på Chalmers var Hedin mycket produktiv och nya idéer fullkomligt strömmade ur hans huvud. Många av Hedins resultat och idéer finns publicerade i en översiktsartikel, som skrevs tillsammans med kollegan Lundqvist och som publicerades 1969 i *Solid State Physics*, Vol. 23. Verket citeras flitigt och är fortfarande en inspirationskälla för många forskare.



## Professor i Lund



Teoretisk fysik 1971. Övre raden:

Lars Hedin, Lars Silverberg, Rolf Riklund, Petter Minnhagen,  
Lars Gislén, Stellan Löfdahl, Bengt Kjällerström.

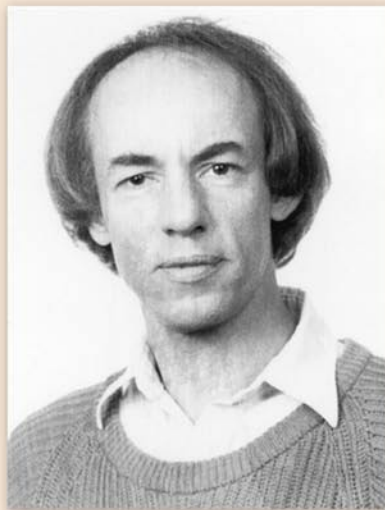
Främre raden: Bengt Månsson, Günter Grossmann, okänd,  
Ulf von Barth, Ingrid Hjelt, Inga Belin, Margareta Bergsten,  
Bengt EY Svensson, Carl-Olof Almladh.

Efter docenttjänsten vid Chalmers Tekniska Högskola fick Hedin först en professur i teoretisk fysik vid den nya tekniska högskolan i Linköping. Men mindre än ett år senare blev han erbjuden professuren i teoretisk fysik i Lund. Hedin valde då Lund och flyttade dit 1971 med sin familj. Det nya starkt expanderande ämnet, fasta tillståndets fysik, var då representerat i Lund av en stor experimentell verksamhet men endast av en lektor på teorisidan.

## Entusiasmerade doktorander



Carl-Olof Almblad



Ulf von Barth

Vid Hedins ankomst till Lund hade docenten Bengt Kjällerström samlat en entusiastisk skara doktorander som ville studera det nya ämnet fasta tillståndets teori för Hedin. Från Chalmers hade Hedins första doktorander, Ulf von Barth, Carl-Olof Almblad och Ingvar Hulthén följt med. Tillsammans med nya doktorander bildades nu en stor forskargrupp. Hedins handledning var entusiastisk och oauktoritär och den lämnade stort utrymme för doktorandens egna initiativ.

## Internationell framgång

De första åren i Lund var mycket framgångsrika. Forskargruppen som bestod av fem till sex forskare och ett ansenligt antal doktorander placerade sig i den absoluta toppen i de internationella utvärderingar som forskningsråden ofta arrangerade vid den tiden.

Två av Hedins viktiga och idag högt citerade arbeten från början av 70-talet var inom täthetsfunktionalteori; ett med cirka 3000 citeringar tillsammans med Bengt Lundqvist vid Chalmers och ett med cirka 5000 citeringar tillsammans med hans första doktorand, Ulf von Barth.

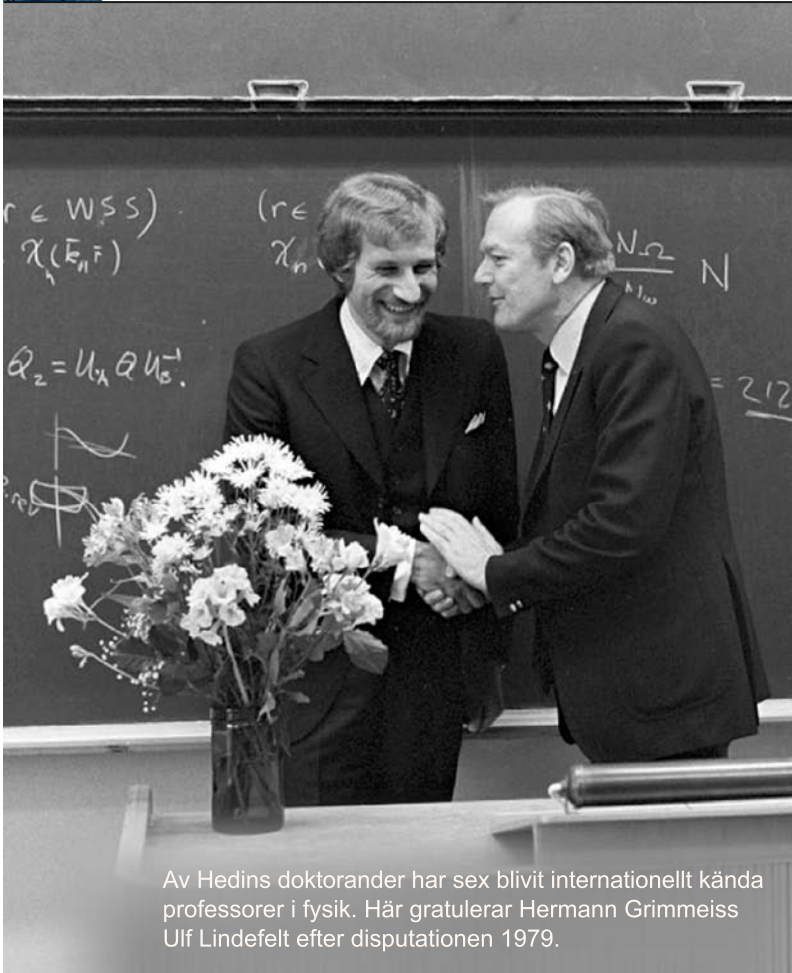


Aspenäsgården 1976.





## Inspirerande miljö



Av Hedins doktorander har sex blivit internationellt kända professorer i fysik. Här gratulerar Hermann Grimmeiss Ulf Lindefelt efter disputationen 1979.

På grund av Hedins många internationella kontakter fick doktoranderna uppleva en strid ström av världsledande forskare inom ämnet, såsom Bob Schrieffer, John Bardeen, Sir Nevill Mott, Walter Kohn, Ivar Giaever, Leo Esaki, Gordon Baym, Niel Ashcroft och Ole-Krogh Andersen.

Hedin och hans hustru Hillevi hade för vana att bjuda hem besökande forskare och Hedins doktorander var då ofta självklara gäster – en inspirerande miljö för dessa.



## Hedins forskargrupp

Vid tiden för bilden hade Carl-Olof Almladh och Lars Hedin precis publicerat en översiktsartikel om teorin för spektra i *Handbook on Synchrotron Radiation*. Denna artikel har blivit ett standardverk inom området och citeras ofta med vördnad även av nutidens forskare. Ulf von Barth var då en av de mest välkända forskarna inom täthets-funktionalteorin. David Yevic och Witold Bardyszewski var gästforskare hos Hedin. Carlos Pedrosa och Alvaro Morales var Almladhs doktorander och Ulf Lindefelt var gruppens halvledar-teoretiker.



Gruppen i Fasta Tillståndets Teori, 1984. Från vänster: Alvaro Morales, Witold Bardyszewski, David Yevic, Carlos Pedrosa, Ulf Lindefelt, Lars Hedin, Ulf von Barth, Carl-Olof Almladh.





## Max-Planck i Stuttgart

I takt med att Hedins teorier allt oftare började användas för praktiska beräkningar ökade Hedins anseende världen över. Trots detta hade Hedins forskargrupp i Lund i början av 90-talet i det närmaste halverats.

Det var därför inte svårt för Hedin att acceptera, när han 1994 blev erbjuden ett fyraårigt vikariat som forskningsdirektör vid Max-Planck-institutet i Stuttgart. Där började en ny produktiv period med många publikationer. Bland annat arbetade Hedin vidare på sin teori rörande vad han själv kallade *den blå elektronen*.



Lego-tävling mellan forskargrupperna vid Max-Planck-Institute Stuttgart. Lars Hedins grupp vann pokalen från Ole Krough Andersens grupp. Laura Gunnarsson hade kommit på temat för året, *upochner*, och Ove Jepsen hade ordnat en donation av Lego från tillverkaren i Danmark.

# ETSF



Hedins forskning utgör även grunden för ett europeiskt nätverk, The European Theoretical Spectroscopy Facility (ETSF), som idag samlar erfarenheter och know-how för att underlätta samarbete och snabb kunskapsöverföring mellan över 200 forskare från 68 forskargrupper i Europa och USA.

Nätverket fungerar som ett kunskapscentrum inom området teoretisk spektroskopi för forskning om teoretiska- och beräkningsmetoder som gör det möjligt att studera elektroniska och optiska egenskaper hos material.

UNIVERSITÄT PADERBORN Prof. Dr. Arno Schindlmayr  
Department Physik, Universität Paderborn

### Many-body perturbation theory

Linear response of the spin density within the GW approximation

$$\chi^s(\mathbf{r}, \mathbf{r}', t-t') = \frac{\delta S^s(\mathbf{r}, t)}{\delta B_{\text{ext}}^s(\mathbf{r}', t')} \rightarrow -i \lim_{\omega \rightarrow 0} \sum_{\mathbf{q}} \frac{\delta G_{\text{GW}}^s(\mathbf{r}, \mathbf{r}', t-t')}{\delta B_{\text{ext}}^s(\mathbf{r}', t')}$$

$$G(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \omega) = G_0(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \omega) + \int G_0(\mathbf{r}, \mathbf{r}'', \omega) \Sigma(\mathbf{r}'', \mathbf{r}', \omega) G(\mathbf{r}'', \mathbf{r}', \omega) d^3r'' d^3r'''$$

$$\chi^s(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \omega) = \frac{i}{2\pi} \int G(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \omega + i0^+) W(\mathbf{r}', \mathbf{r}', \omega) d\omega$$

Dynamic transverse spin susceptibility

Bethe-Salpeter equation

Additional approximations:

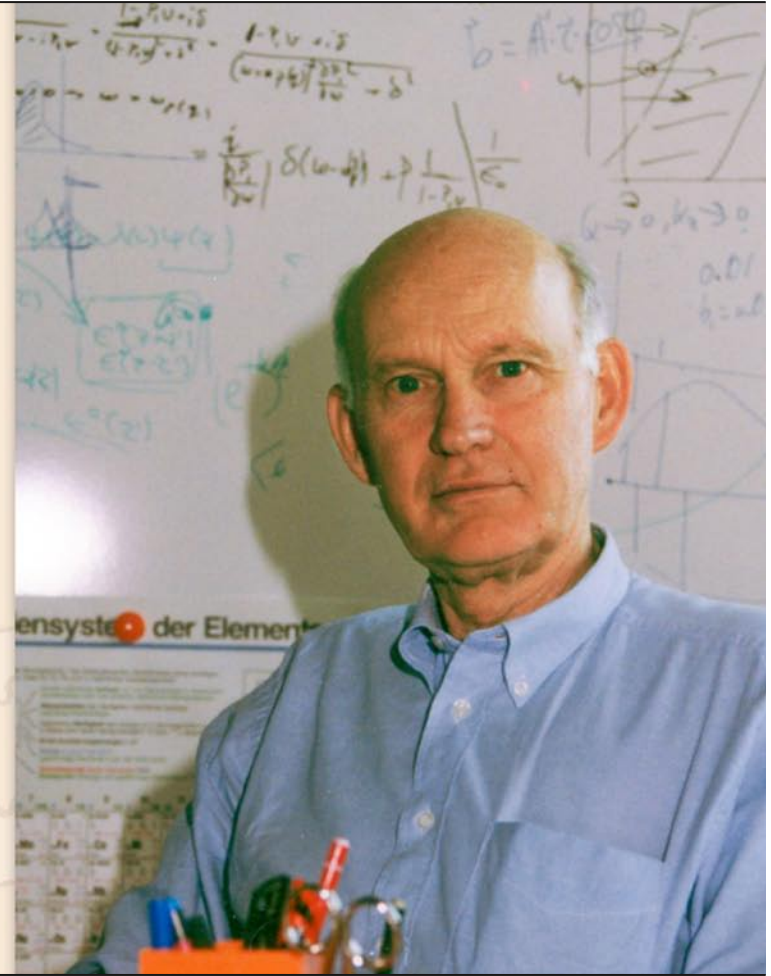
- Static screening  $W(\omega) = U$
- Electron-hole scattering only at the same atomic site

Vid 2008 års ETSF-konferens i Pugnochiuso i Italien redogör Arno Schindlmayr för sina senaste resultat för den dynamiska spinsusceptibiliteten baserade på Hedins *GW approximation*.



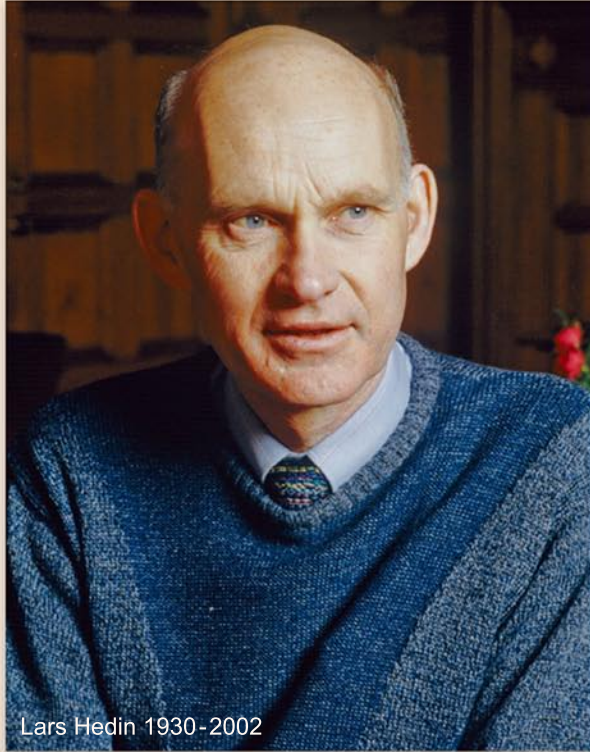
## Användbara teorier

Typisk för Hedins inställning till hela sin forskargärning var att den teoretiska behandlingen skulle leda fram till beräkningsbara och användbara resultat. Matematik och komplicerade formler var inte ett självändamål menade Hedin. Ofta demonstrerade han själv sina teoretiska resultat genom att tillämpa dem på mindre komplicerade modellsystem.



Hedins lätt igenkännbara handstil med mång-partikelformler på tavlan i Hedins kontor vid Max Planck i Stuttgart.

## Arvet efter Lars Hedin



Hedin fick en sista stor framgång men denna gång postumt när en utvärdering genomfördes vid Lunds universitet 2008 (RQ08). En internationell expertkommitté tillsattes för att bedöma enskilda forskargrupper inom universitetets samtliga ämnesområden från naturvetenskap till humaniora.

Hedins *lärjungar*, Ulf von Barth och Carl-Olof Almladh och deras forskargrupp, pekades ut som en av universitetets tjugo främsta forskargrupper. Tillsammans med andra fysikgruppers framgångar ledde detta till att fysiken i Lund kom att kallas universitetets *kronjuvel*.