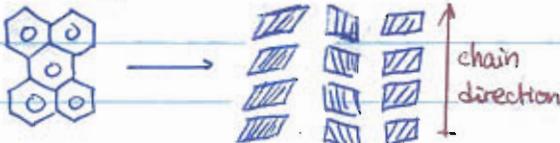


Organics (I) [Boubonnais]

- Provide quasi-1D and quasi-2D structure.
- Molecular crystals (chains) are built by stacking flat molecules

e.g.



Each molecule is by itself closed shell

→ stacking results in band insulator.

- To build conductor, place 2 different species

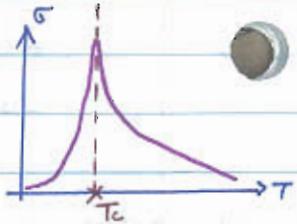


■ donor

■ acceptor

▲ First example: TTF-TCNQ (1973)
 $(\text{CDW})_2$

► Sharp metal-insulator transition at $T_c = 54 \text{ K}$, caused by Peierls instability



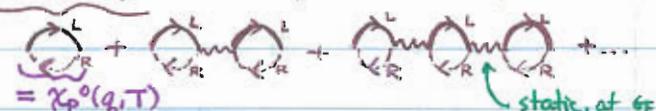
- Peierls Instability in 1D.

▲ Caused primarily by nesting

▲ Consider e^- -phonon coupling: $H = \sum \epsilon_k c_{k\sigma}^{\dagger} c_{k\sigma}$

$$H = \sum_k \epsilon_k c_{k\sigma}^{\dagger} c_{k\sigma} + \sum_q w_q b_q^{\dagger} b_q + \frac{g}{\hbar} \sum_{kq\sigma} c_{k+q,\sigma}^{\dagger} c_{k\sigma} (b_q^{\dagger} + b_{-q})$$

$$\Rightarrow \chi_p(q, T) = \frac{\chi_p^0(q, T)}{1 - \lambda \frac{\chi_p^0(q, T)}{T}}, \chi_p(q=2k_F, T) \sim \frac{1}{\pi V_F} \ln(\epsilon_F/T)$$



▲ This gives a critical scale for fluctuations:

$$T_p^0 = 1.13 \epsilon_F e^{-1/\lambda}, \lambda \sim g^2 / \omega_0$$

Cold Atom Electronics

- Cooper Instability & Superconductivity

$$\Delta \chi_c^0(g \rightarrow 0, T) \approx \frac{1}{\pi V_F} \ln(1.13 \epsilon_F/T)$$

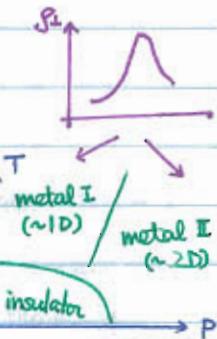
$$\Delta \chi_c^0(g \rightarrow 0, T) \approx \frac{\chi_c^0(T)}{1 - k_B T \ln(\frac{1.13 \omega_0}{T})} \Rightarrow T_c^0 = 1.13 \omega_0 e^{-2/\lambda} \ll T_p^0$$

interchain distance = 7 Å
interchain gap = 1.2 Å
orbital overlap = 10%
electron spread = 10%

- Method to reduce Peierls in favor of Cooper

▲ Increase pressure

▲ Chemical route

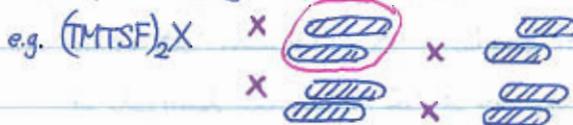


- First stable organic metal : TMTSF - DMTCNQ

▲ Increased interchain coupling reduced nesting

$$\epsilon_k \mapsto \epsilon'_k = \epsilon_k - 2t_1 \cos(k_1) - 2t_{12} \cos(2k_1)$$

- Instead of stacking 2 species of organics, produce charge transfer using cation-radical $X = PF_6^-$, AsF_6^- , ...



- In this material, metal-insulator transition at 12 K, and the insulator is magnetic. \Rightarrow Coulomb more important than phonon
- Under pressure, $(TMTSF)_2PF_6$ is a superconductor (the first organic superconductor)

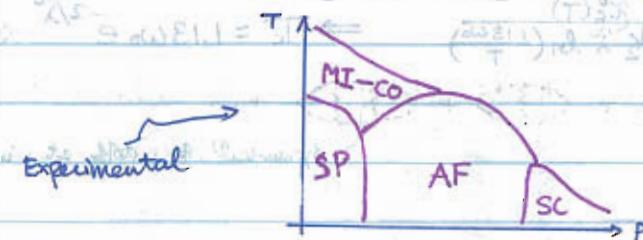
- Around the same time the Fabre salt are synthesized : $(TMTTF)_2$

▲ S-S $>$ Se-Se \Rightarrow more 1D.

▲ charge gapped but spin gapless

\Rightarrow these are Mott insulator

- $(\text{TMTTF})_2X$ and $(\text{TMTSF})_2X$ can be combined into one phase diagram by combining "chemical pressure" & "physical pressure"



SP: spin-Peierls

AF: antiferromagnetic

SC: superconductor

MI: Mott insulator

CO: charge order

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ (CuTMTSF) zeigt auf Basis der Arbeit von Brehm et al.

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein Superleiter mit einem Übergangstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein Antiferromagnet mit einem Néel-Temperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein Mott-Insulator mit einer Fermi-Energie von ca. 10 meV

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein Spin-Peierls-System mit einer Peierls-Temperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Charge-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Spin-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Antiferromagnetismus mit einer Néel-Temperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Superleitung mit einer Übergangstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Mott-Insulation mit einer Fermi-Energie von ca. 10 meV

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Charge-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Spin-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Antiferromagnetismus mit einer Néel-Temperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Superleitung mit einer Übergangstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Mott-Insulation mit einer Fermi-Energie von ca. 10 meV

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Charge-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Spin-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Antiferromagnetismus mit einer Néel-Temperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Superleitung mit einer Übergangstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Mott-Insulation mit einer Fermi-Energie von ca. 10 meV

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Charge-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Spin-Order mit einer Ordnungstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Antiferromagnetismus mit einer Néel-Temperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Superleitung mit einer Übergangstemperatur von ca. 10 K

• $\text{Cu}(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ ist ein System mit Mott-Insulation mit einer Fermi-Energie von ca. 10 meV