

# Między cieczą a gazem, czyli o zjawiskach krytycznych

Paweł Jakubczyk

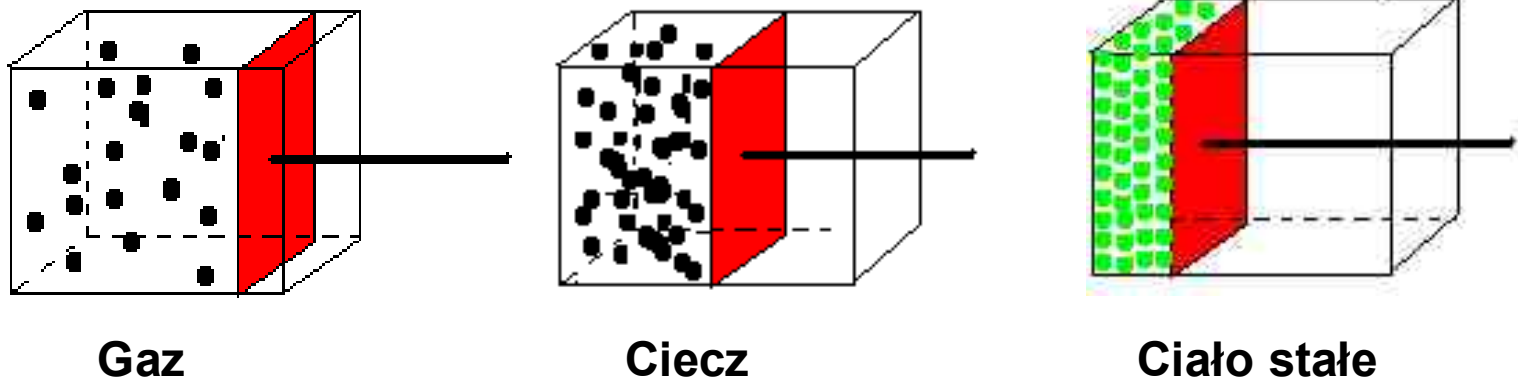
IFT UW

# O czym będzie wykład

- O różnych postaciach materii
- Co to są diagramy fazowe
- Jak zamienić ciecz w gaz bez wrzenia
- O opalescencji krytycznej
- Trochę o ferromagnetykach i o nadciekłości

# O różnych postaciach materii

**Sprężanie substancji przy stałej temperaturze T**

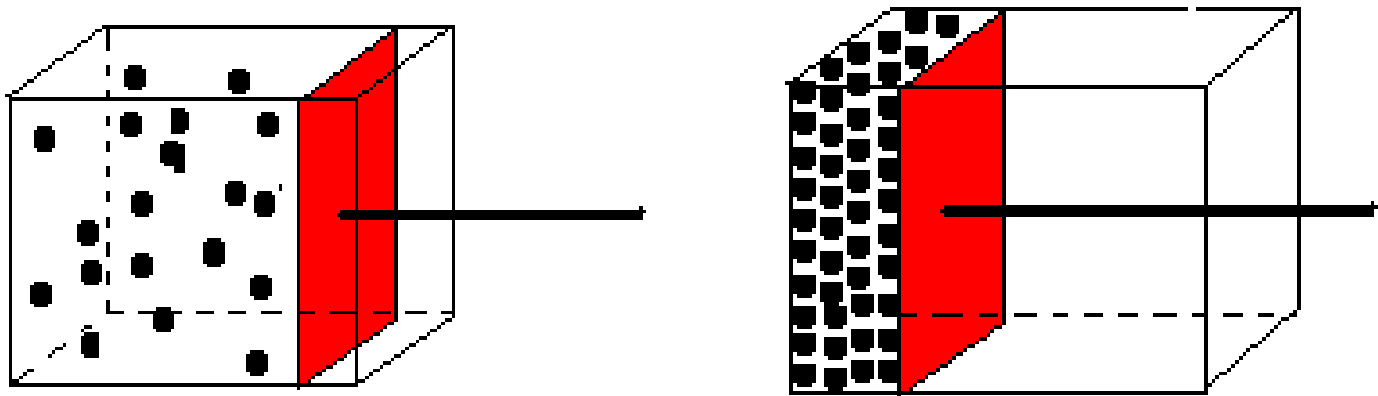


**Dla ustalonej próbki substancji możemy niezależnie zmieniać temperaturę i ciśnienie wywierane na tłok. Objętość substancji „dopasowuje się” do ciśnienia i temperatury.**

**Ale, równie dobrze, możemy zmieniać np. objętość i temperaturę. Wtedy ciśnienie w pojemniku „dopasuje się” do objętości i temperatury.**

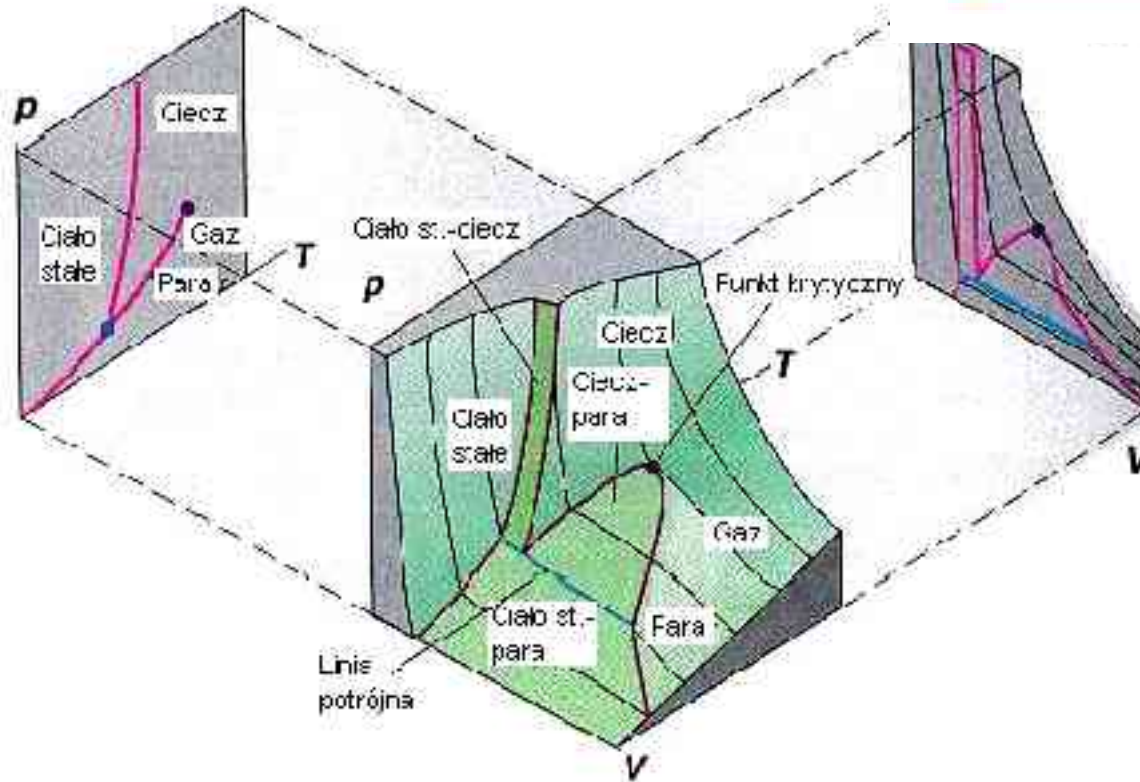
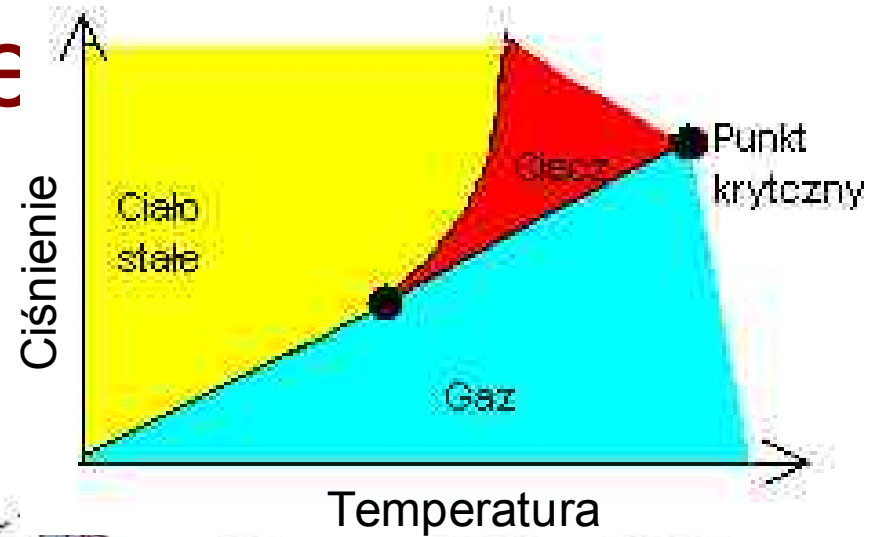
**Czy w każdej temperaturze sprężanie gazu przebiega tak samo?**

**Nie. Na przykład dla odpowiednio niskich temperatur jest tak:**

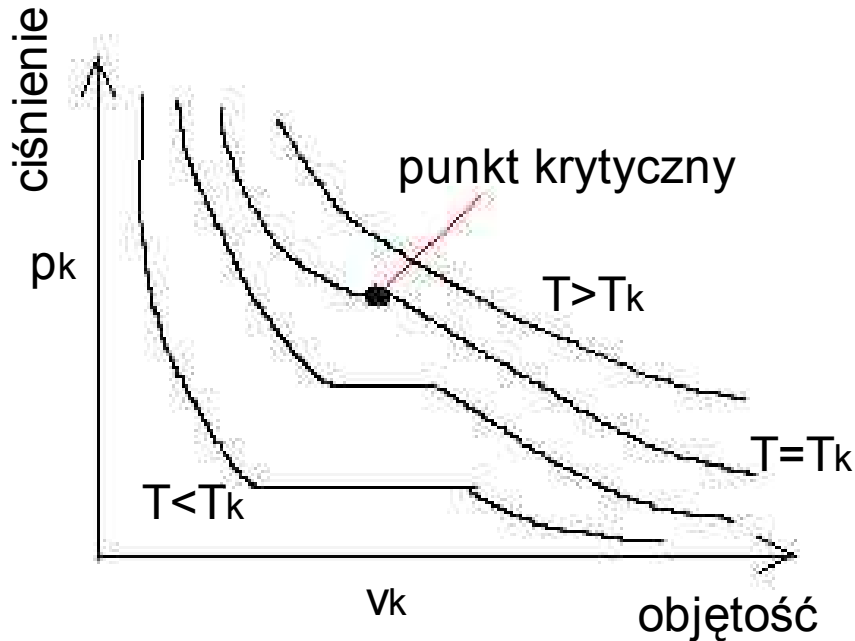


**Jak wygląda substancja dla wybranych wartości ciśnienia i temperatury, albo temperatury i objętości?**

# Diagramy fazowe



# Diagramy fazowe

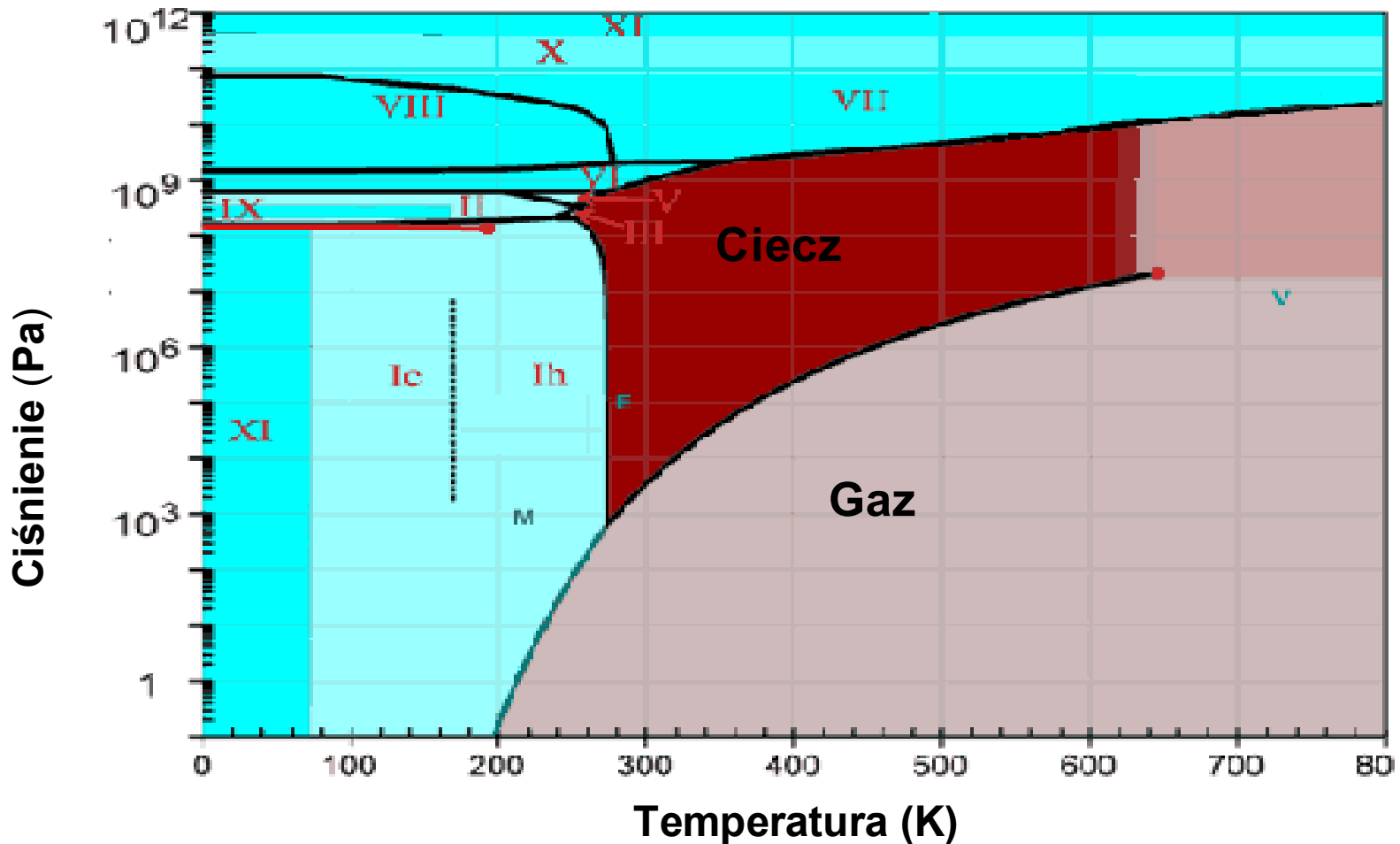


Krzywe określają zależność ciśnienia płynu od objętości dla różnych temperatur

Dla  $T > T_k$  niewielkiej zmianie ciśnienia  $\Delta p$  odpowiada niewielka zmiana objętości  $\Delta v$ . W temperaturze  $T_k$  i dla  $p = p_k$   $\Delta v / \Delta p$  jest duże.

Dla temperatur poniżej temperatury krytycznej  $T_k$  objętość cieczy i gazu są różne, przy czym ich różnica maleje gdy zbliżamy się do punktu krytycznego

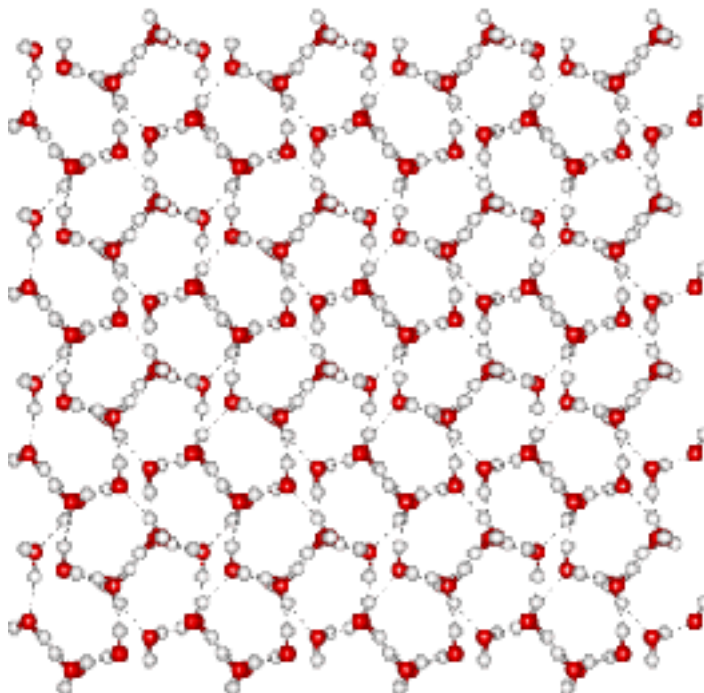
# Diagramy fazowe



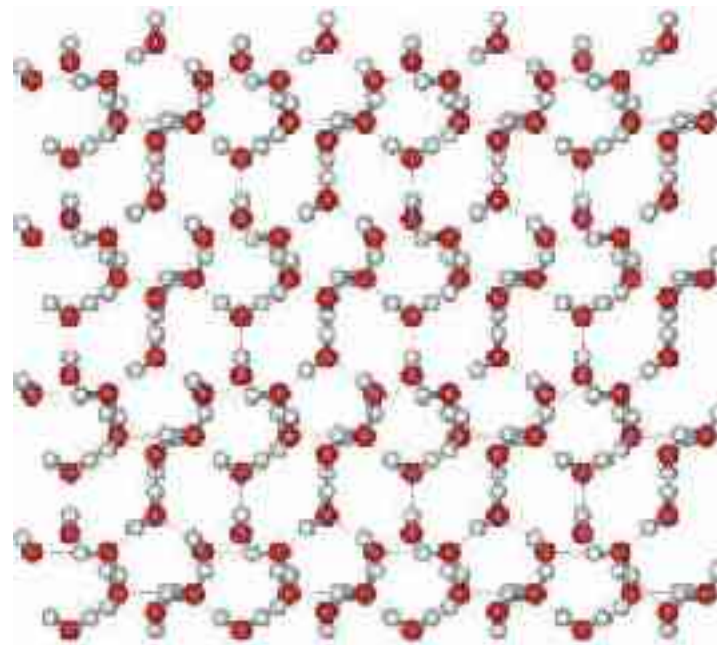
Lód w wysokich ciśnieniach może występować w wielu odmianach różniących się strukturą krystaliczną.

# Lód

Przykładowe struktury krystaliczne różnych faz lodu.



Lód III



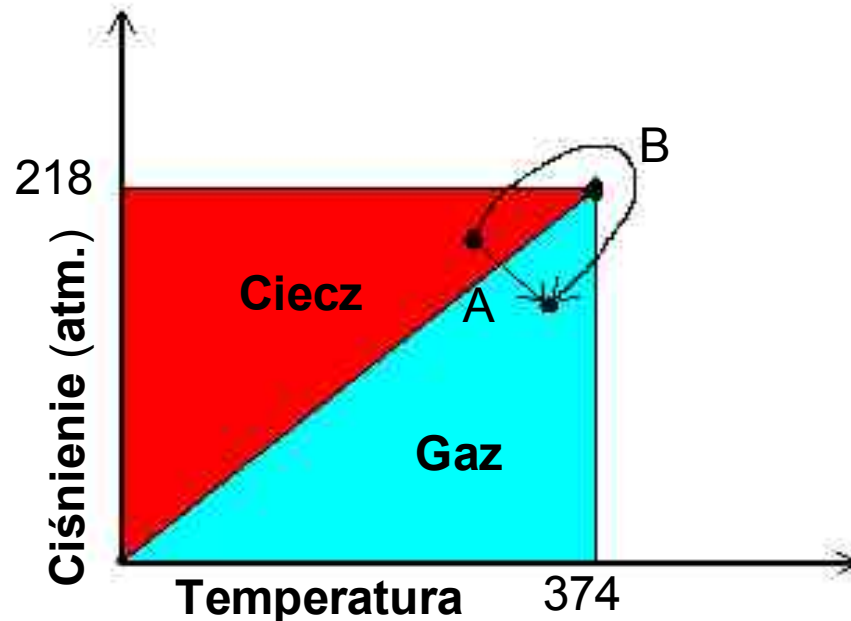
Lód VI

## **Od czego zależy postać diagramu fazowego?**

**Od charakteru oddziaływań między cząstkami.**

- **Dla układu klasycznych cząstek nie oddziałujących między sobą (gaz doskonały) – brak przemian fazowych.**
- **Dla układu twardych kul (cząstek silnie odpychających się na niewielkich odległościach) – przemiana krystalizacji.**
- **Dla układu cząstek odpychających się na niewielkich odległościach i przyciągających na większych – zarówno przemiana ciec-z-gaz, jak i ciec-z-ciało stałe.**

# Parowanie



Wzdłuż krzywej współistnienia  
ciecz – gaz  
gęstość cieczy > gęstość gazu

W punkcie krytycznym  
gęstość cieczy = gęstość gazu

Powyżej punktu krytycznego  
znika różnica między fazą  
gazową a ciekłą

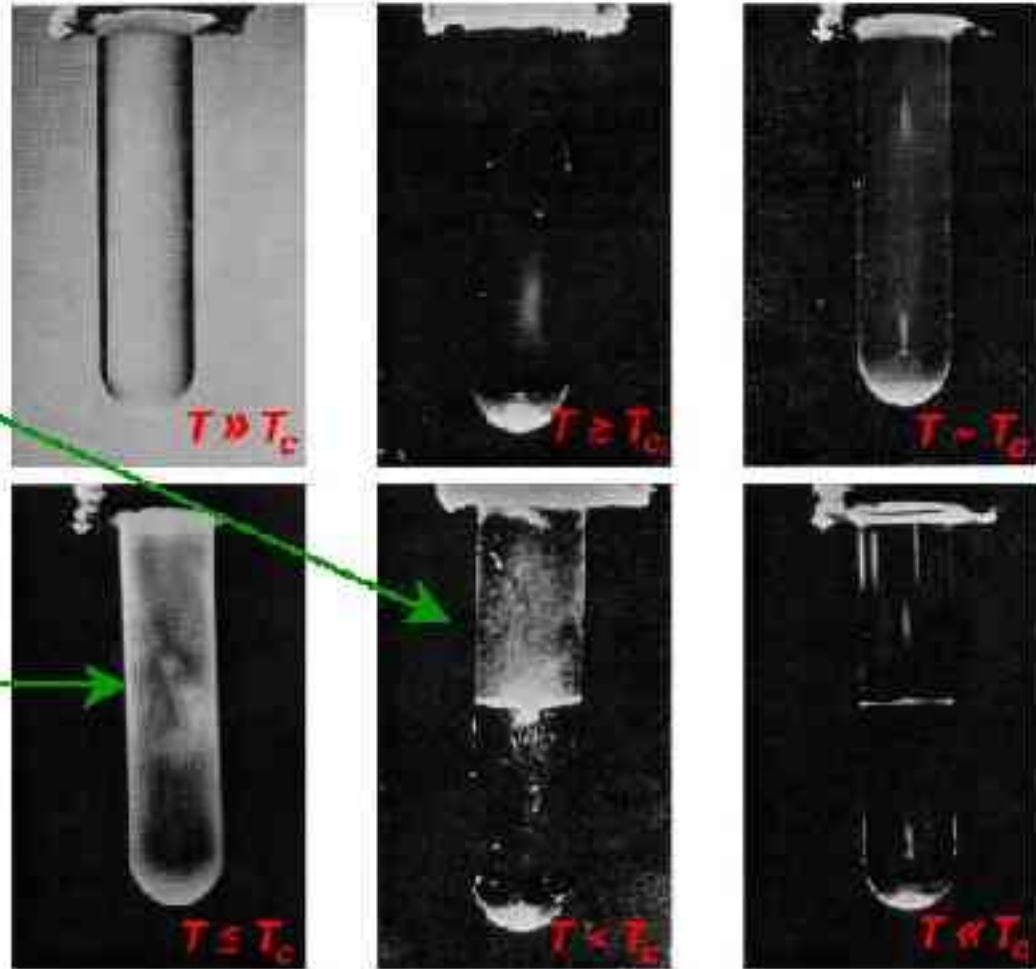
A – parowanie cieczy poniżej  
punktu krytycznego

B – ciągłe przejście od cieczy do gazu po  
drodze omijającej linię współistnienia



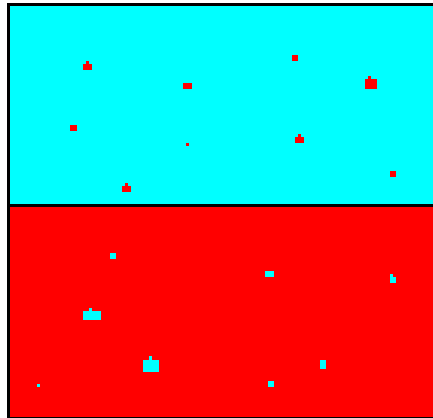
# Opalescencja krytyczna

Poniżej temperatury krytycznej zachodzi współistnienie dwóch faz – cieczy i gazu



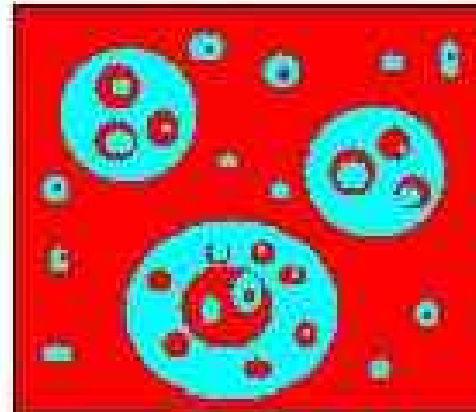
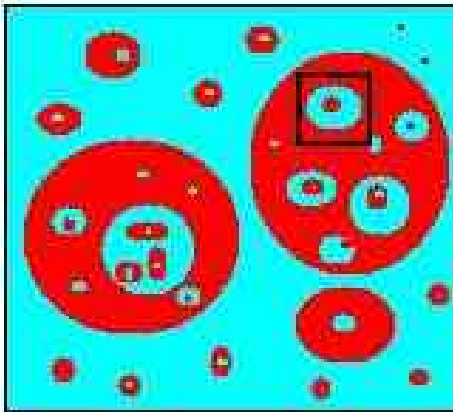
Opalescencja krytyczna – silne rozpraszanie światła na fluktuacjach gęstości

# Fluktuacje gęstości



↕  
Rozmiar  
typowej  
fluktuacji

**Poniżej punktu krytycznego fluktuacje gęstości płynu są nieduże**



**W punkcie krytycznym nie ma typowego rozmiaru fluktuacji gęstości - układ wygląda „tak samo” dla różnych skal długości**

# Układy magnetyczne

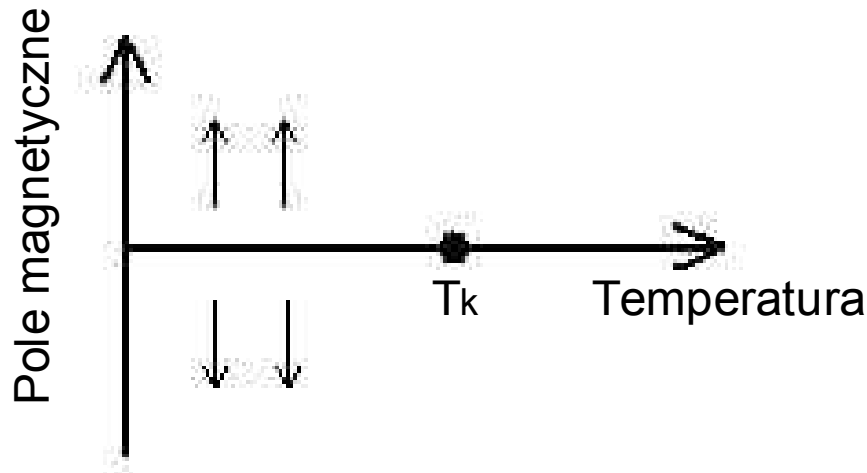
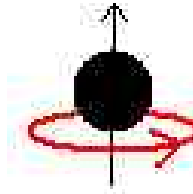
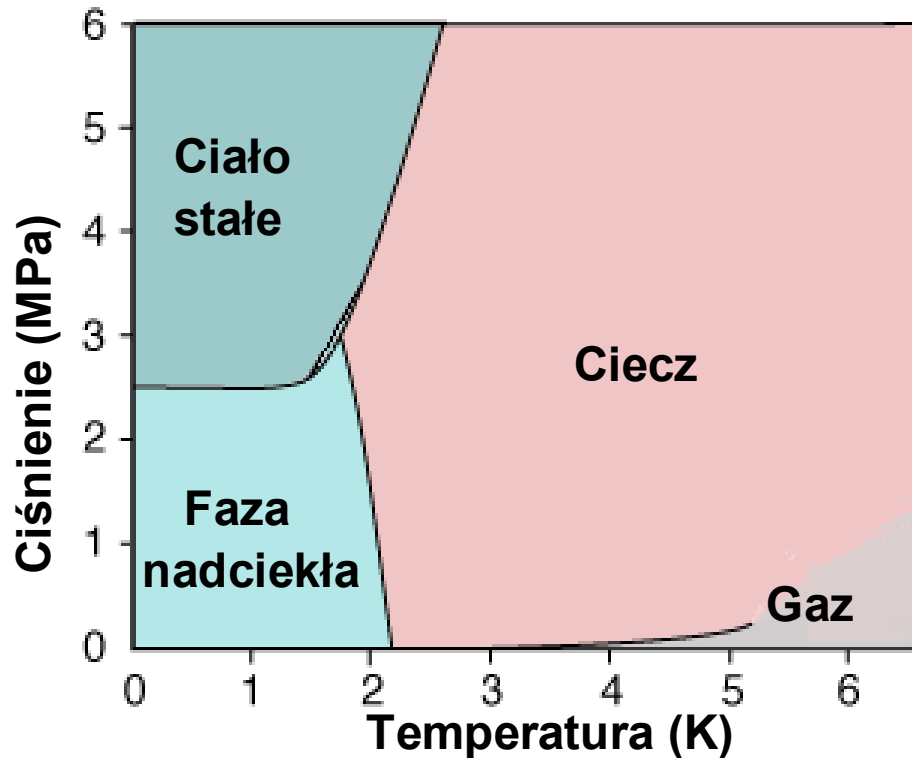
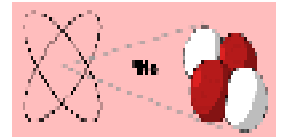


Diagram fazowy ferromagnetyka.

Pod nieobecność pola magnetycznego  $H$   
I dla  $T > T_k$  średnio tyle samo momentów  
magnetycznych ustawia się w każdym  
kierunku  
(układ jest w fazie paramagnetycznej)

Dla  $T < T_k$  większa część  
momentów magnetycznych  
ustawi się w jednym kierunku  
(układ jest w fazie ferromag-  
netycznej)

# Diagram fazowy helu ( $^4\text{He}$ )



Poniżej  $T=2.2$  K Hel przejawia następujące niezwykle własności:

-Rozszerza się przy oziębianiu

-Wycieka przez dowolnie małe otwory w pojemniku

-„Pełza” po ściankach pojemnika

-Ma zerową lepkość

Hel (w odpowiednio niskich ciśnieniach) nie jest ciałem stałym w  $T=0\text{K}$

# Podsumowanie

- **Makroskopowa materia może znajdować się w stanach o różnych własnościach termodynamicznych, optycznych, magnetycznych...**
- **Stan materii w zależności od parametrów kontrolnych (takich jak ciśnienie, temperatura, pole magnetyczne...) obrazuje diagram fazowy.**
- **Postać diagramu fazowego zależy od charakteru oddziaływań między cząstkami tworzącymi układ.**
- **W punktach diagramu fazowego, w których znika różnica między dwiema fazami – czyli w stanach krytycznych -parametry układu podlegają silnym fluktuacjom, z czym wiążą się szczególne własności układu w takich stanach.**