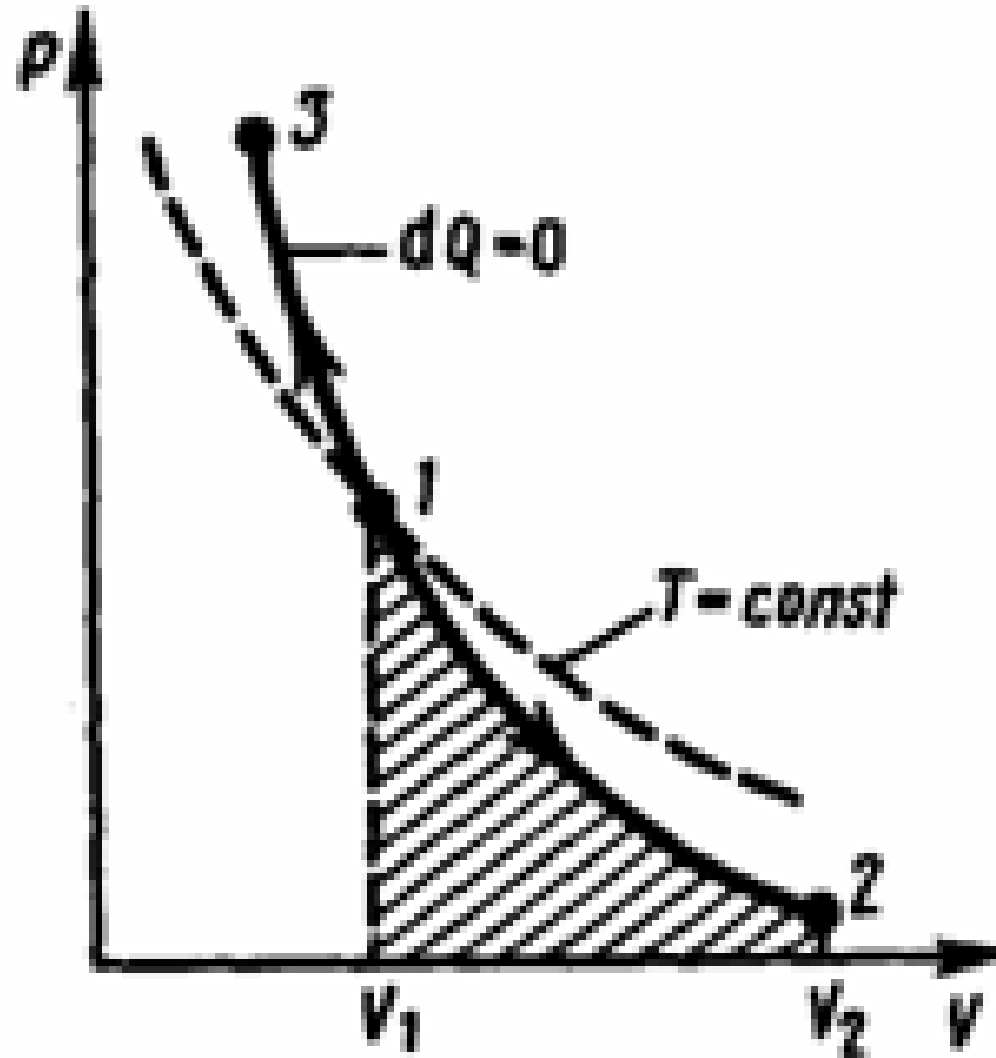


# Лекция 12

- Работа в адиабатическом процессе
- Политропический процесс. Уравнение политропы
- Модели теплоемкости твердого тела: Дюлонг-Пти, Дебай, Эйнштейн

# Работа в адиабатическом процессе



# Теплоемкость политропы

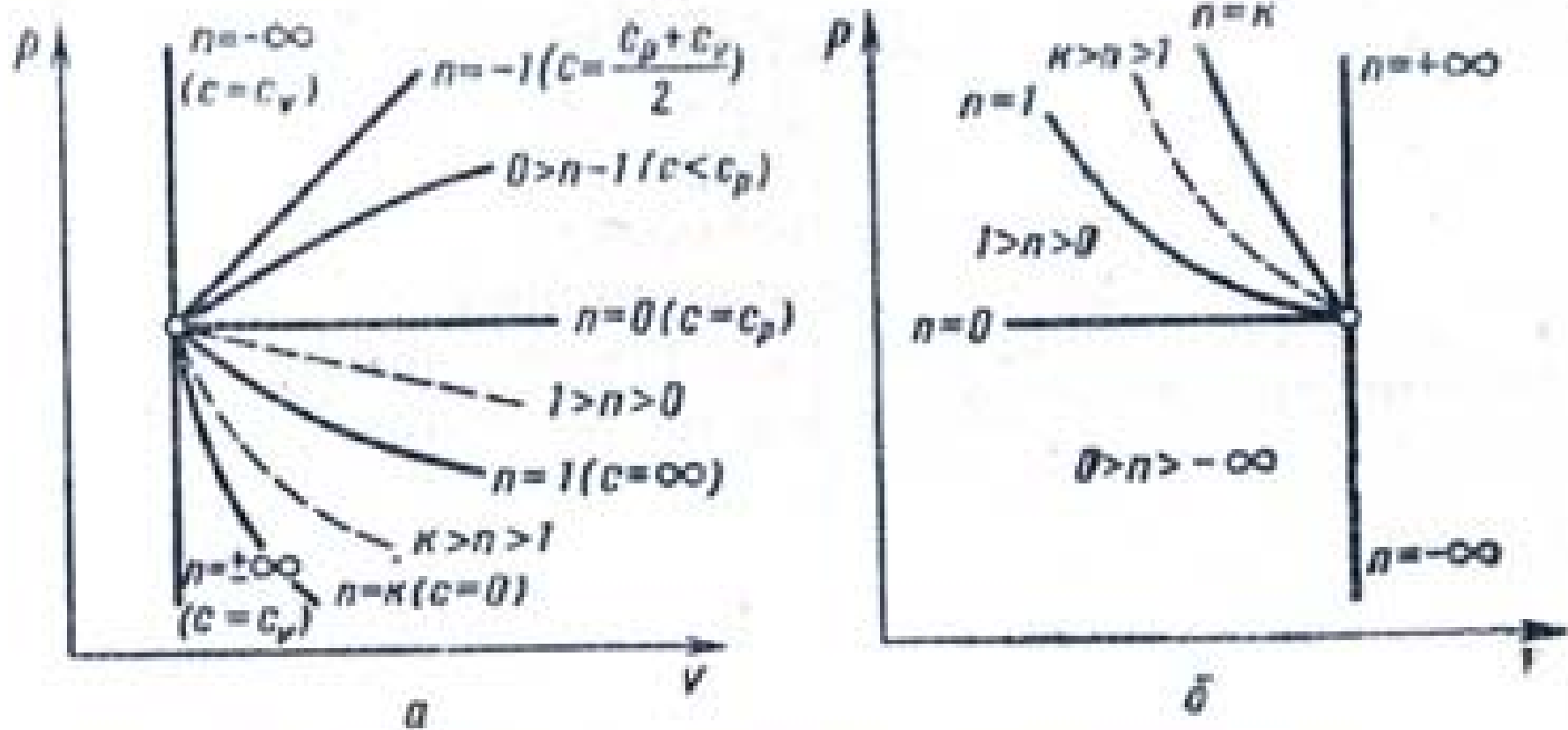


Рис. 148. Политропные процессы в  $p-v$ -диаграмме

# Закон Дюлонга и Пти

- $3R=5.93$  кал/(К·моль)
- $3R=24.93$  Дж/(К·моль)

Элемент	$C_v$ , кал/(К·моль)	Элемент	$C_v$ , кал/(К·моль)
C	1,44	Pt	6,11
B	2,44	Au	5,99
Al	5,51	Pb	5,94
Ca	5,60	U	6,47
Ag	6,11	-	-

# Закон Джоуля-Коппа

Вещество	C, Дж/(моль · К)	
	Теоретическое значение	Экспериментальное значение
Алюминий Al	25	25,5
Алмаз C	25	5,9
Бериллий Be	25	15,6
Бор B	25	13,5
Железо Fe	25	26,8
Серебро Ag	25	25,6
NaCl	50	50,6
AgCl	50	50,9
CaCl <sub>2</sub>	75	76,2

# Пути решения проблем

- Высокие  $T$  – ангармонизм колебаний
- Низкие  $T$  – вымораживание степеней свободы (искусственный шаг)
- **Учет квантово-механических эффектов при описании движения атомов**

# Модель Эйнштейна

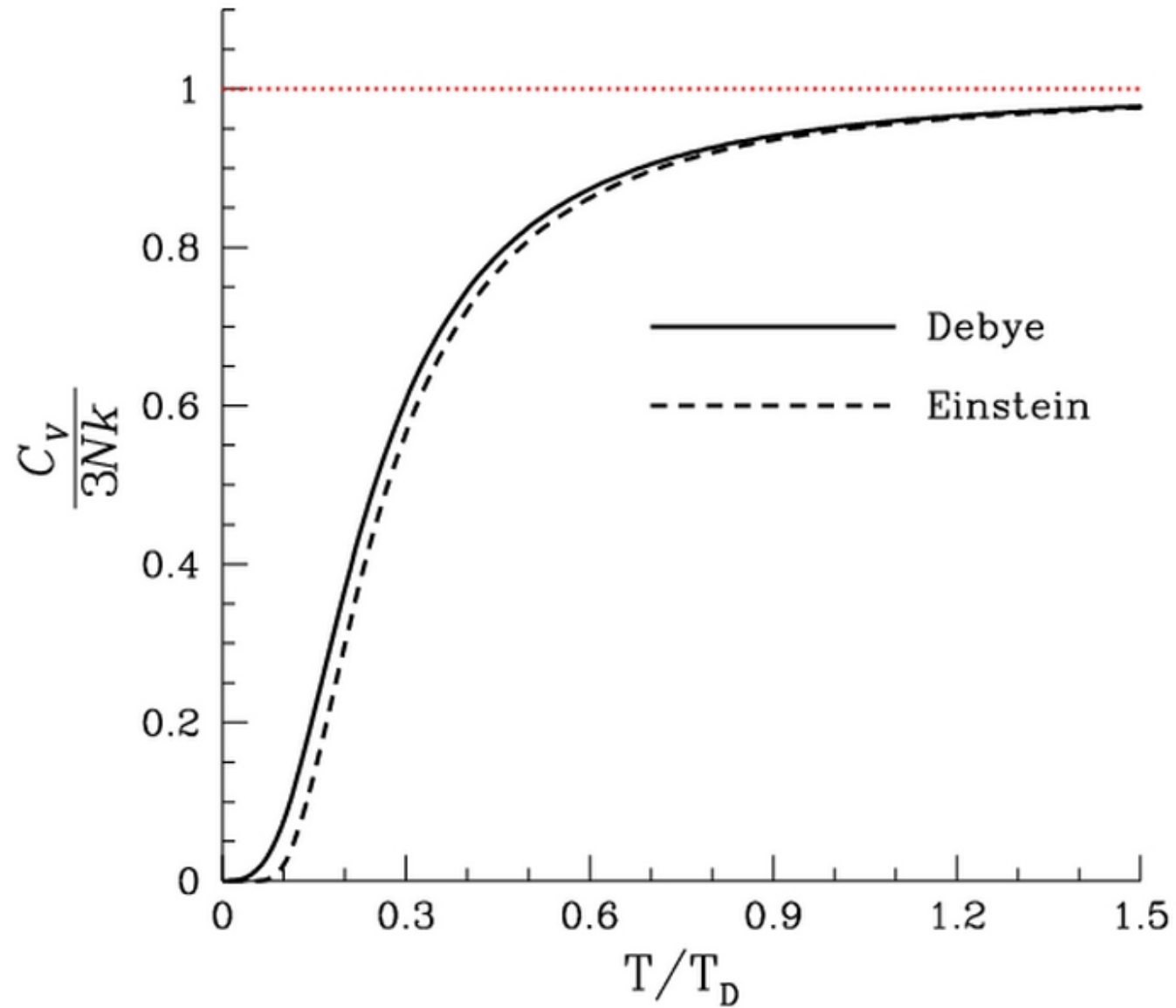
- Атомы в кристаллической решетке ведут себя как гармонические осцилляторы, не взаимодействующие друг с другом,
- **Частота колебаний всех осцилляторов одинакова,**
- Число осцилляторов в 1 моле вещества равно  $3N_A$ ,
- Энергия их квантована,
- Число осцилляторов с различной энергией определяется распределением Больцмана

# Модель Дебая

- **Учитывает распределение фононов по энергиям**



# Эйнштейн и Дебай



# Температура Дебая

Алюминий	429 K	Серебро	225 K	NaCl	280 K
Кадмий	186 K	Тантал	240 K	Свинец	96 K
Хром	610 K	Олово (белое)	195 K	α-Марганец	476 K
Медь	344.5 K	Титан	420 K	Никель	440 K
Золото	165 K	Вольфрам	405 K	Платина	240 K
α-Железо	464 K	Цинк	300 K	Лёд	192 K
Кремний	640 K	Алмаз	2200 K	KBr	180 K