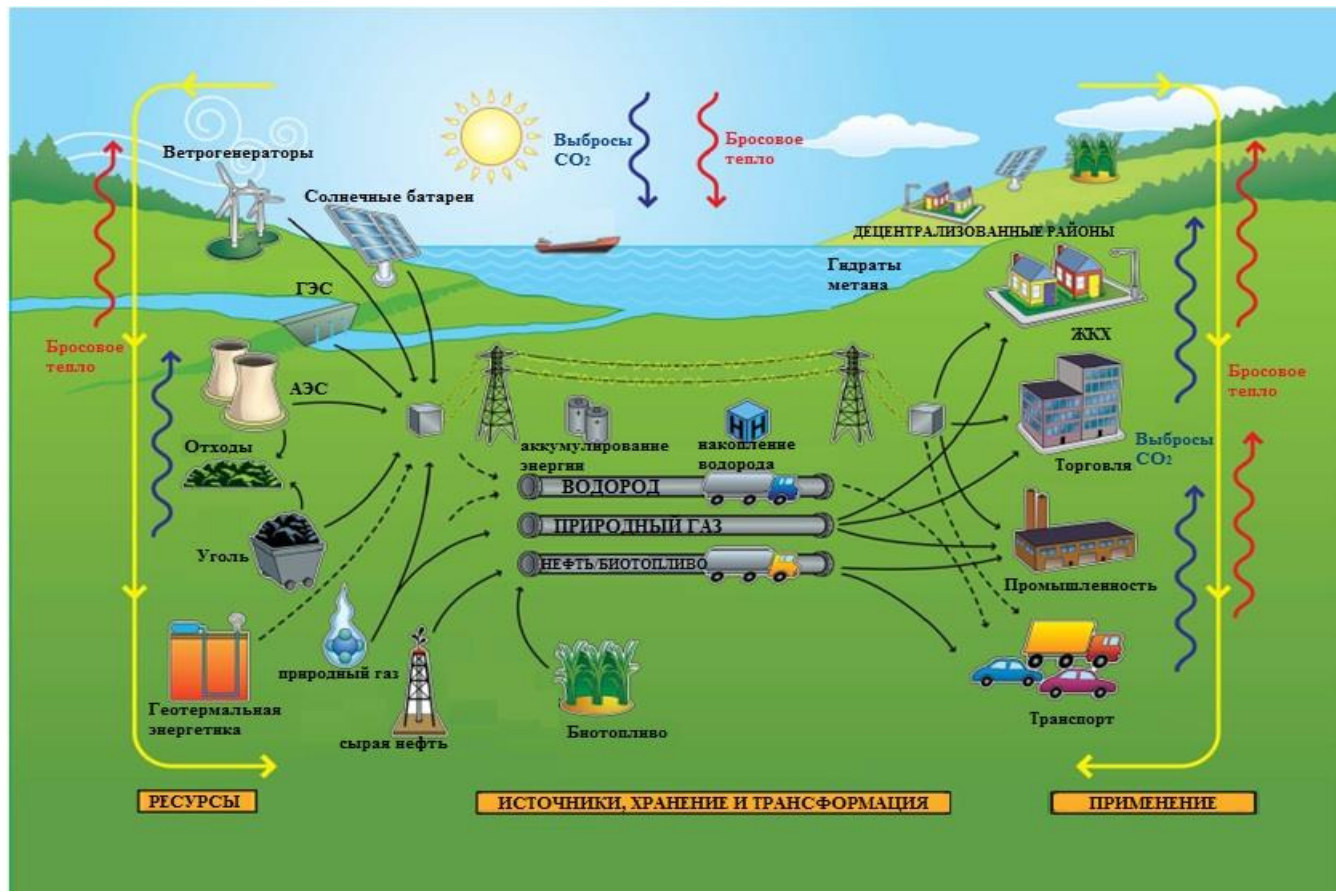
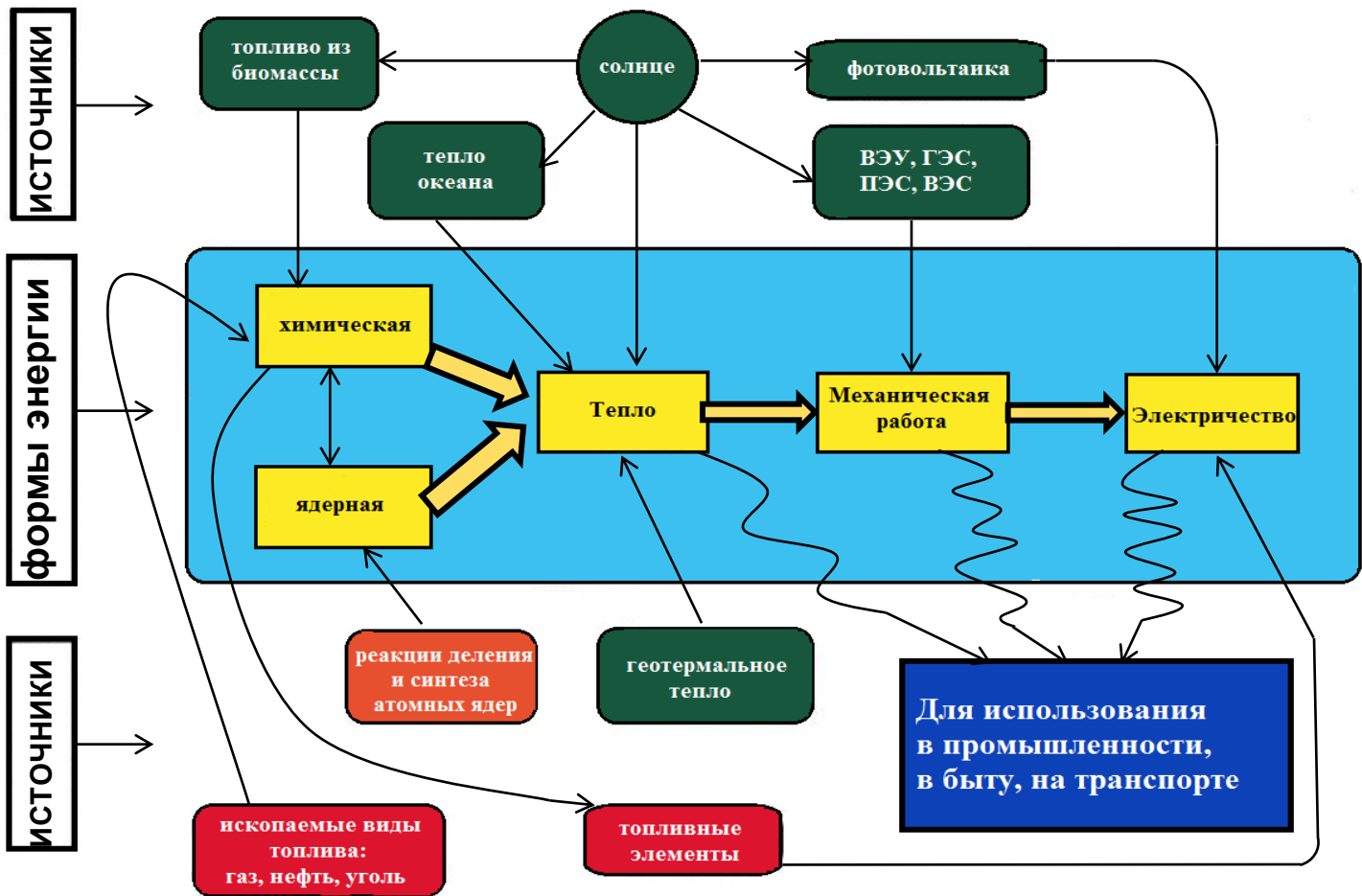


**ВВЕДЕНИЕ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО.
ИСТОРИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА.
ОСНОВНЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ЭФФЕКТЫ**

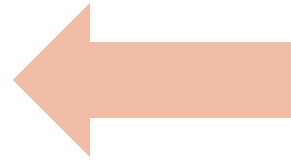
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ



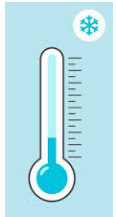
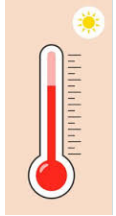
ПОТОКИ ЭНЕРГИИ



ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО



преобразование
энергии



ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО



Мусоросжигательные заводы



Транспорт



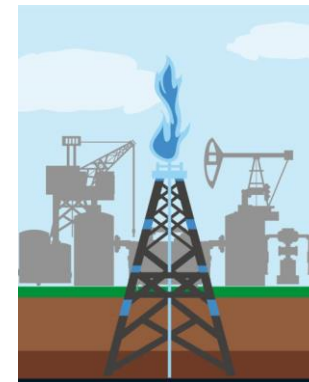
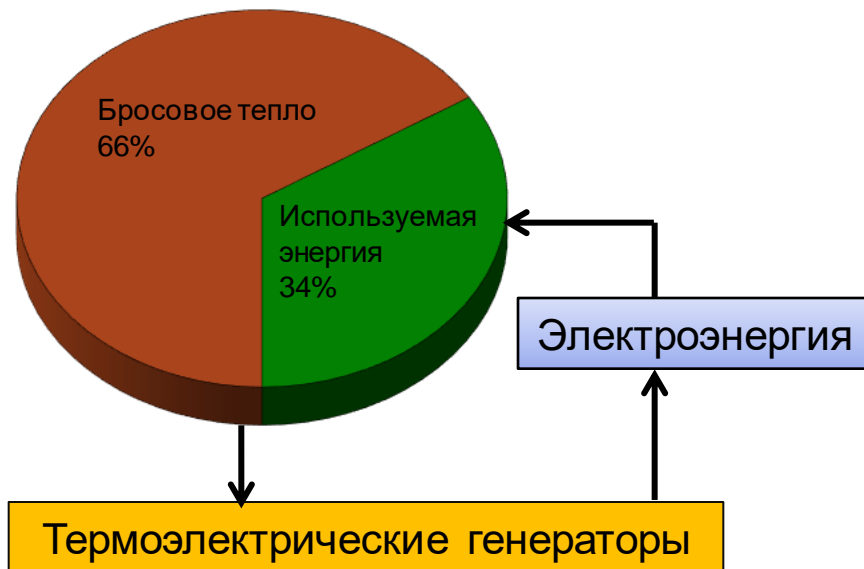
Промышленность



АЭС



ТЭЦ



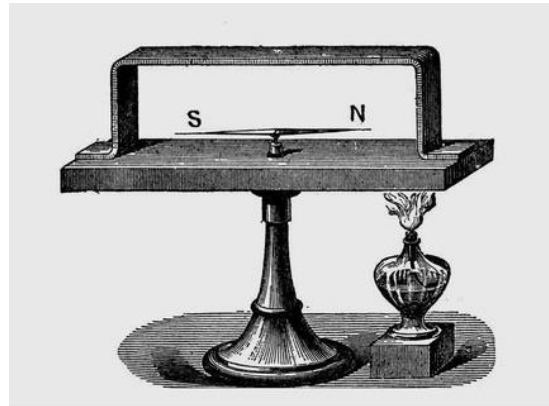
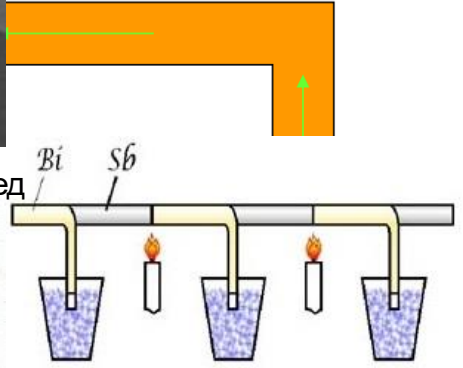
Нефтегазовый комплекс

ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА



1823 г. 1821 г.

Cu (медь)



Томас Иоганн Зеебек

Ханс Кристиан Эрстед

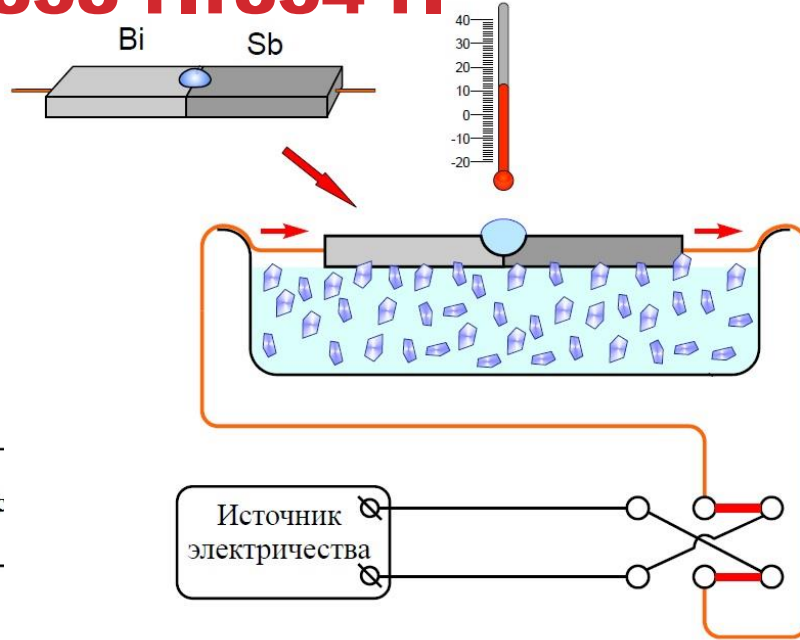


Жан-Батист Фурье

ЭФФЕКТ ПЕЛЬТЬЕ



1838 г. 1834 г.



Ис



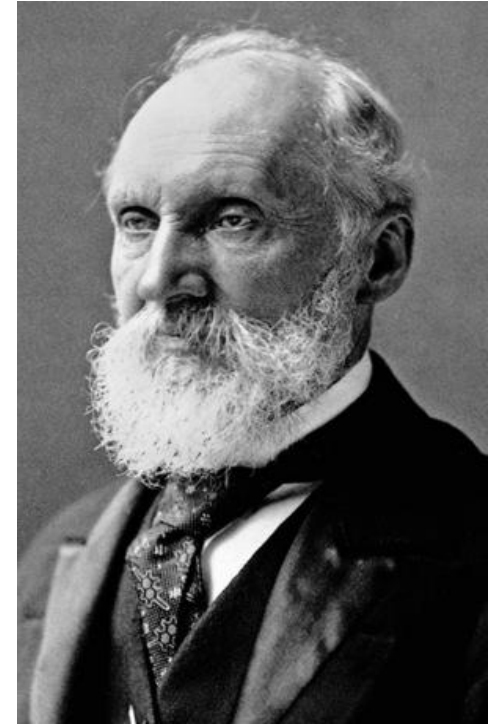
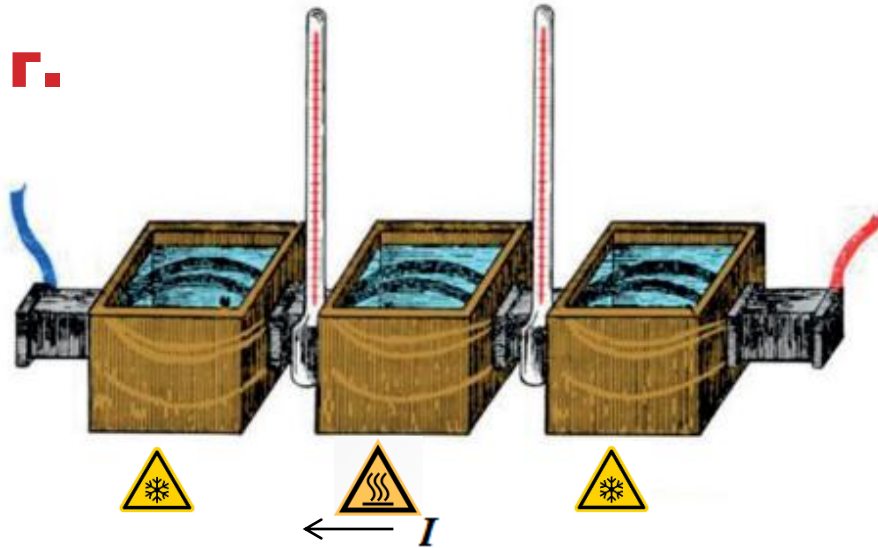
Жан Шарль Пельтье

Эмилий Христианович Ленц

ЭФФЕКТ ТОМСОНА

1853 г.

1851 г.



Уильям Томсон,
лорд Кельвин

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА



1885 г. Задача об эффективности термогенератора

XLIII. *On the Thermodynamic Efficiency of the Thermopile.*
By Lord RAYLEIGH, F.R.S.†

1909 г. Расчёт КПД термобатареи

Über den Nutzeffekt der Thermosäule.
Von Edmund Altenkirch.

Джон Уильям Рэлей **1911 г.** Расчёт эффективности термоэлектрического охлаждения

Elektrothermische Kälteerzeugung und reversible elektrische Heizung.
Von Edmund Altenkirch.

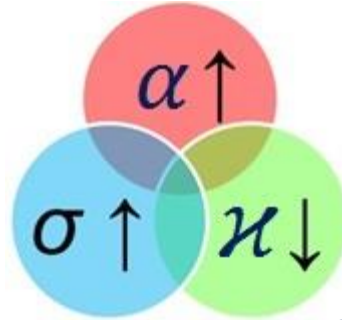


Эдмунд Альтенкирх

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Требования к материалу:

- высокий коэффициент Зеебека α
- высокая электропроводность σ
- низкая теплопроводность κ



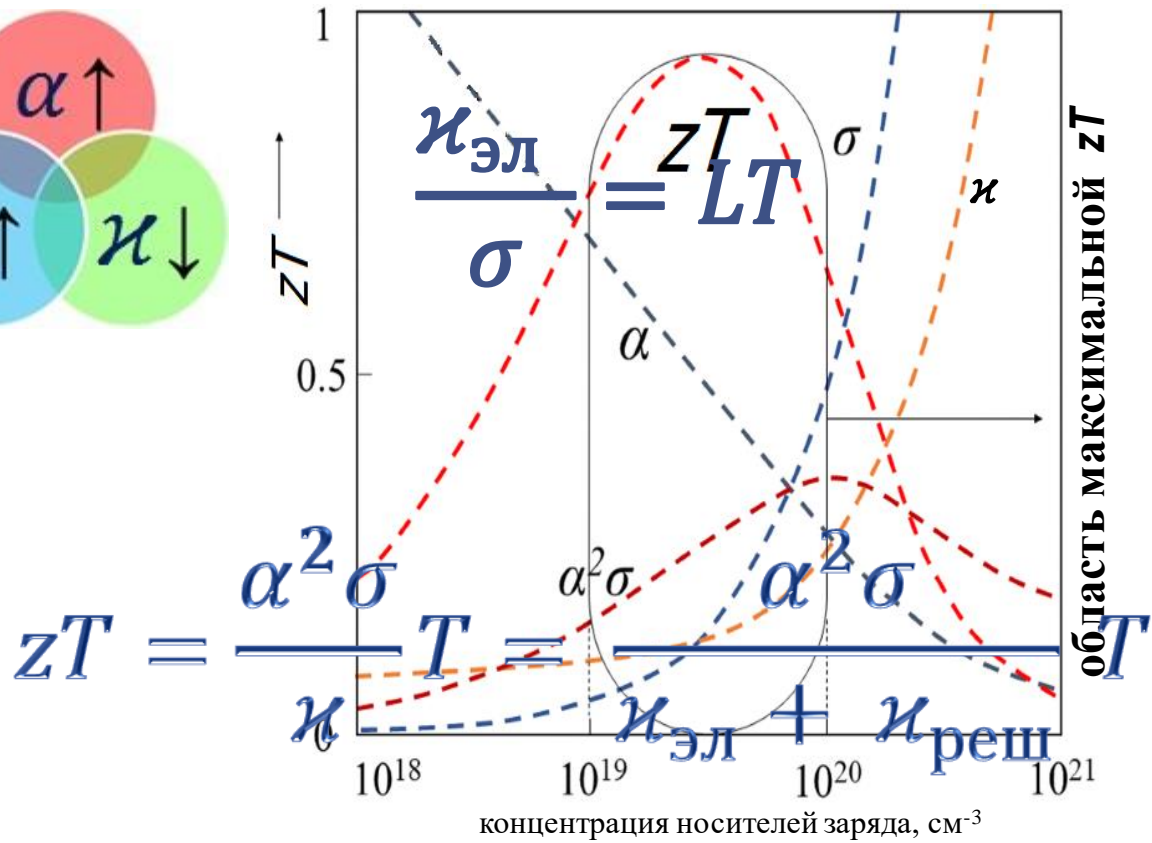
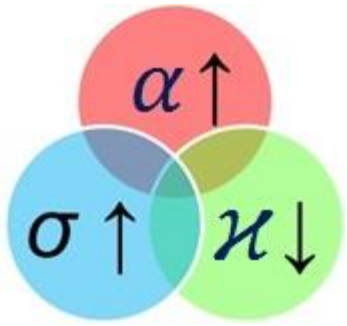
закон Видемана - Франца

Термоэлектрическая эффективность

$$zT = \frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa} T$$

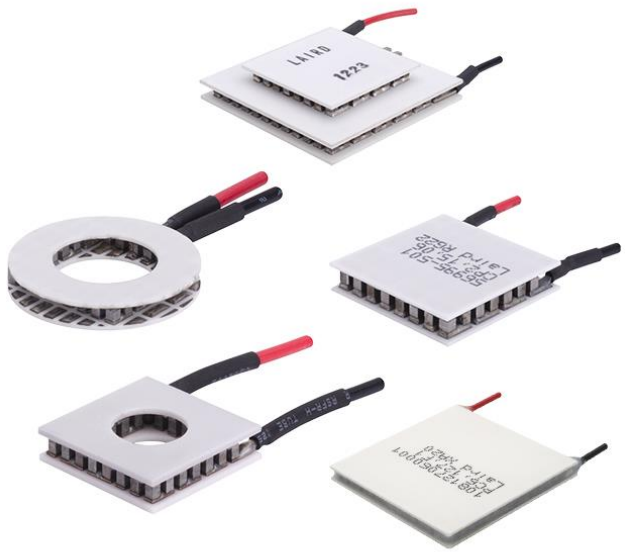
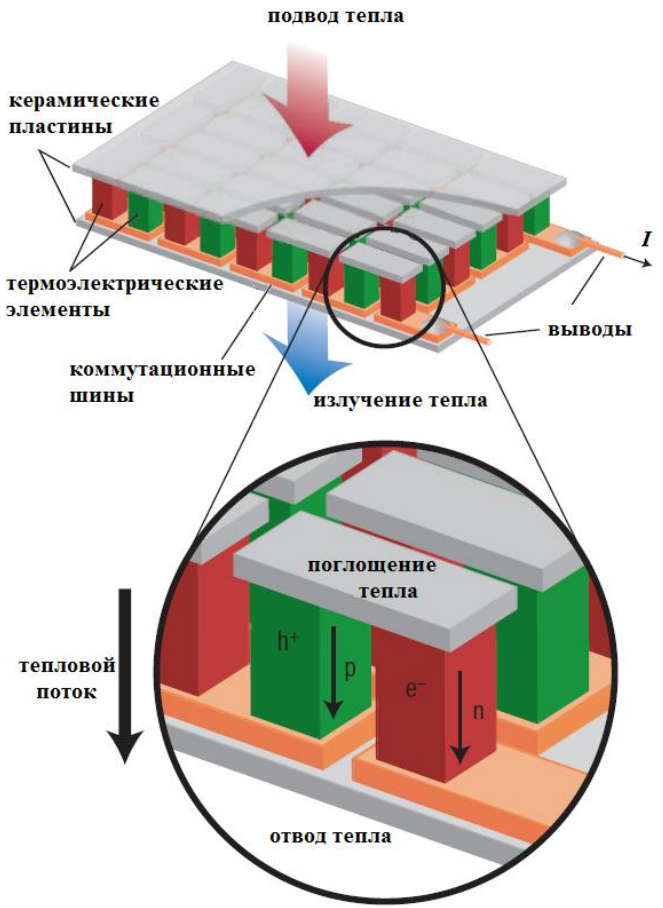
Абрам Федорович Иоффе

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА



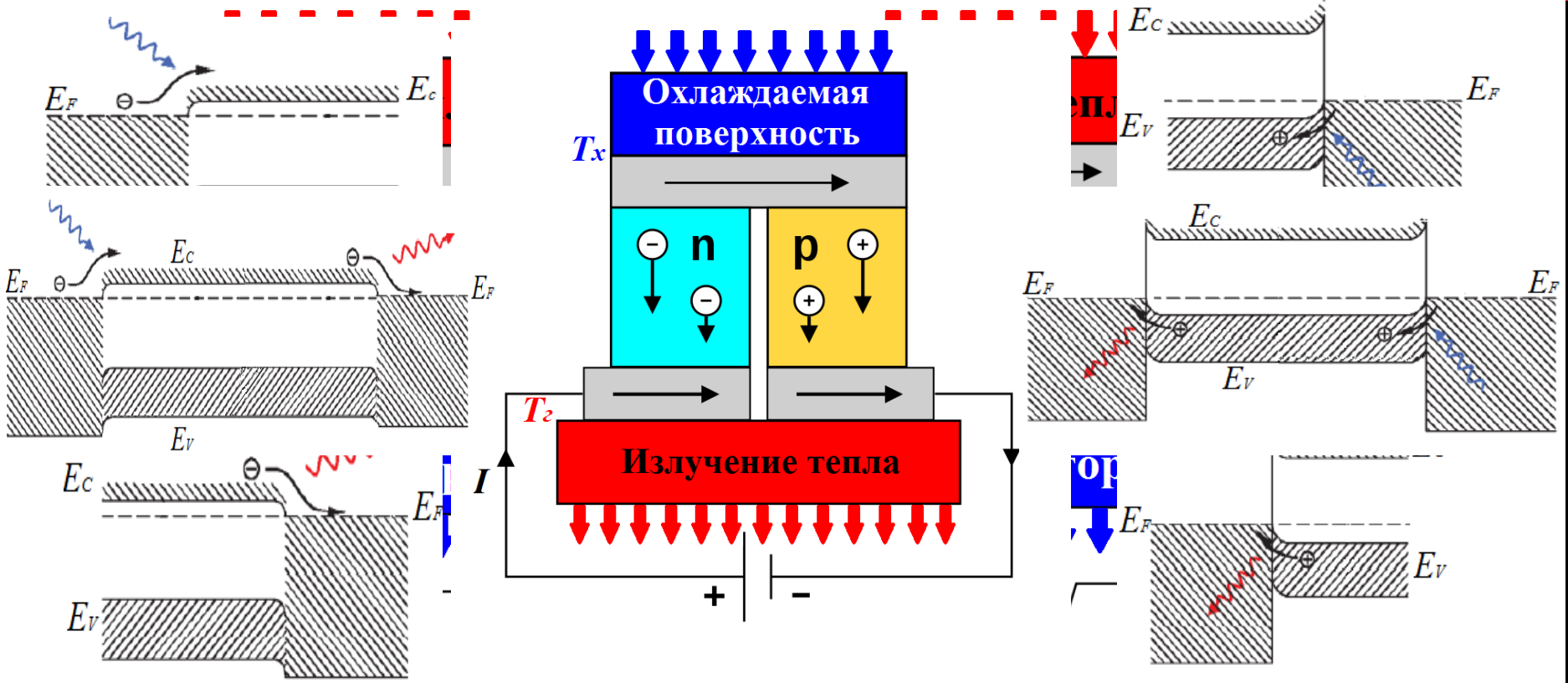
Абрам Федорович Иоффе

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

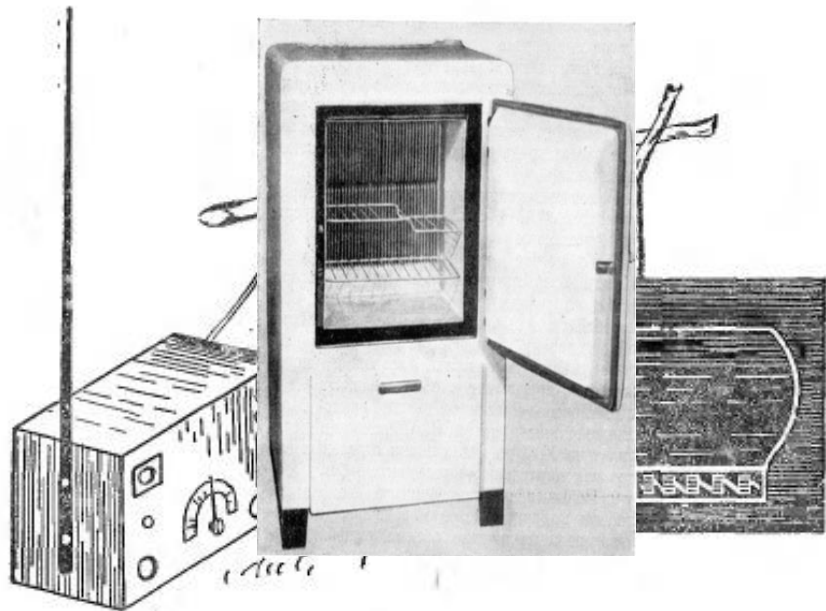


ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Термоэлектрический генератор (ТЭО)



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА



Термоэлектрический
ТГ-1 «Партизанский котелок»
холодильник
1943 г.
1957 г.



ТГК-3
1953 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

$$\eta = \frac{T_{\Gamma} - T_{\text{X}}}{T_{\Gamma}} \frac{\sqrt{1 + Z\bar{T}} - 1}{\sqrt{1 + Z\bar{T}} + T_{\text{X}}/T_{\Gamma}}$$

коэффициент полезного действия ТЭГ

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{X}}}{T_{\Gamma} - T_{\text{X}}} \frac{\sqrt{1 + Z\bar{T}} - T_{\Gamma}/T_{\text{X}}}{\sqrt{1 + Z\bar{T}} + 1}$$

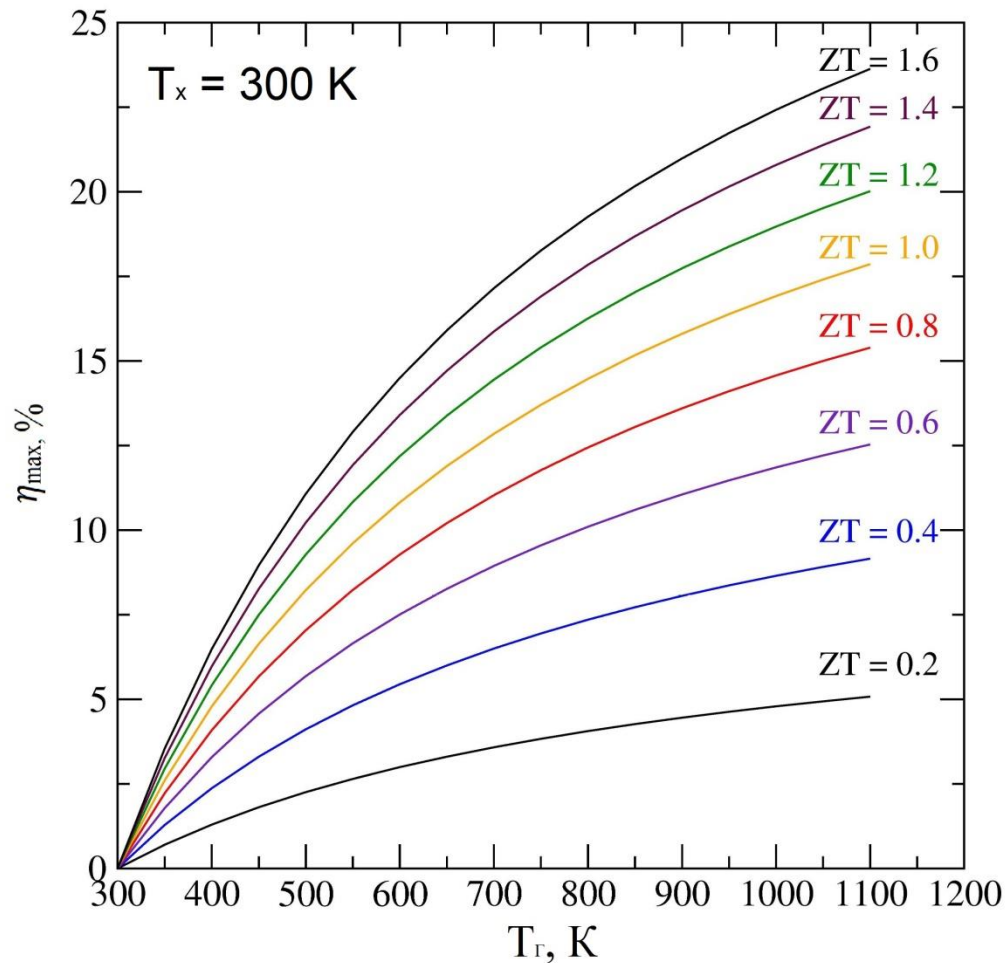
коэффициент преобразования ТЭО

Z = термоэлектрическая эффективность элемента

$$\bar{T} = \frac{T_{\text{X}} + T_{\Gamma}}{2}$$

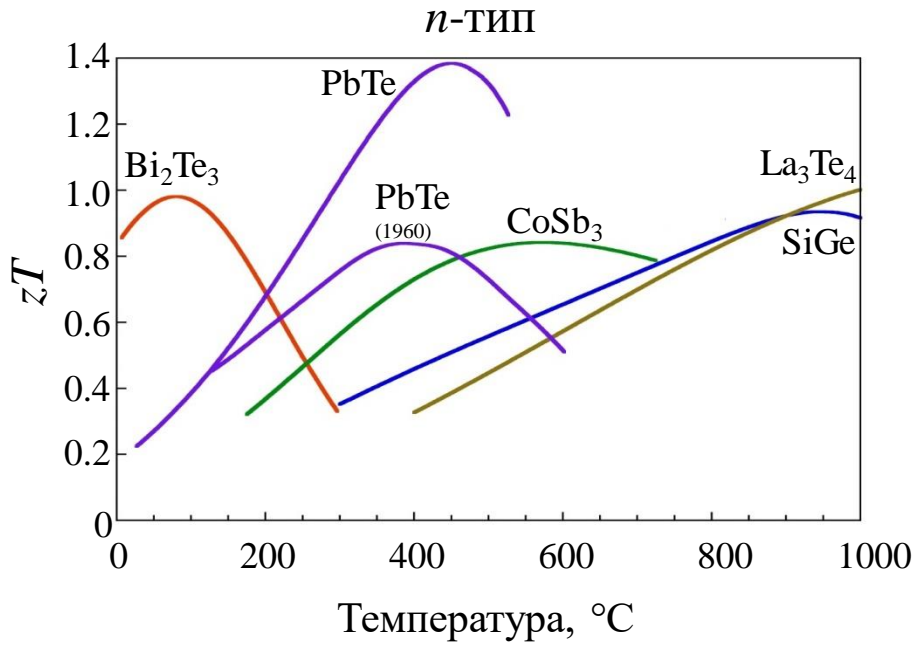
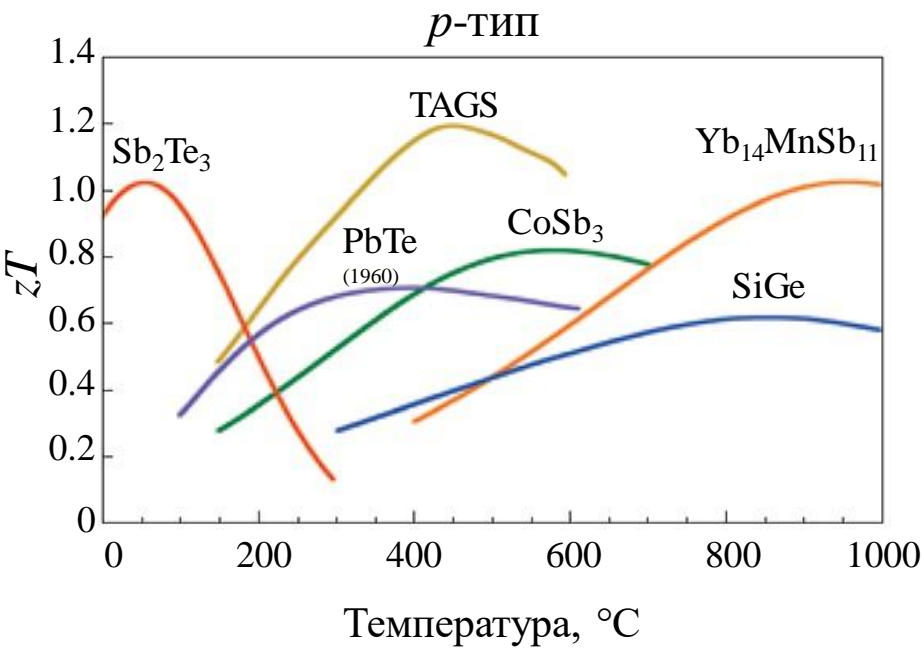
$$Z = \frac{(|\alpha_n| + |\alpha_p|)^2}{\left(\sqrt{\kappa_n/\sigma_n} + \sqrt{\kappa_p/\sigma_p}\right)^2} = \frac{(\alpha_p - \alpha_n)^2}{\left(\sqrt{\kappa_n\rho_n} + \sqrt{\kappa_p\rho_p}\right)^2}$$

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА



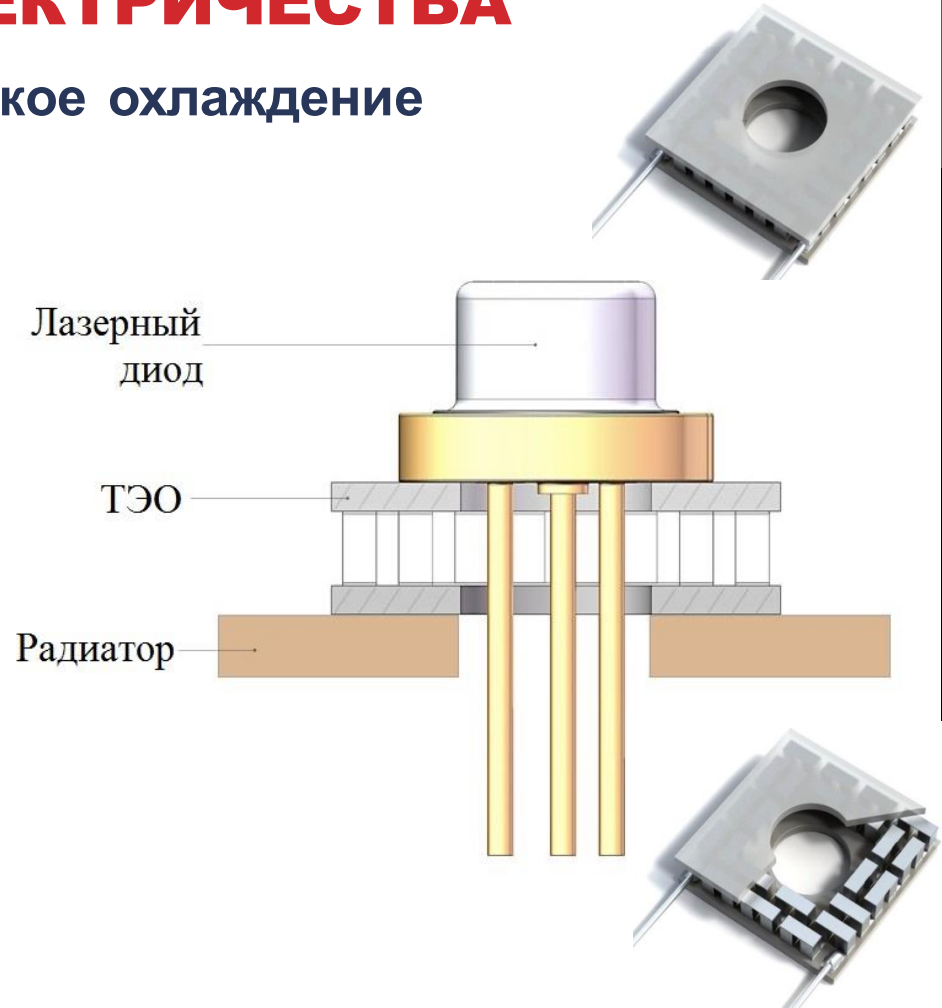
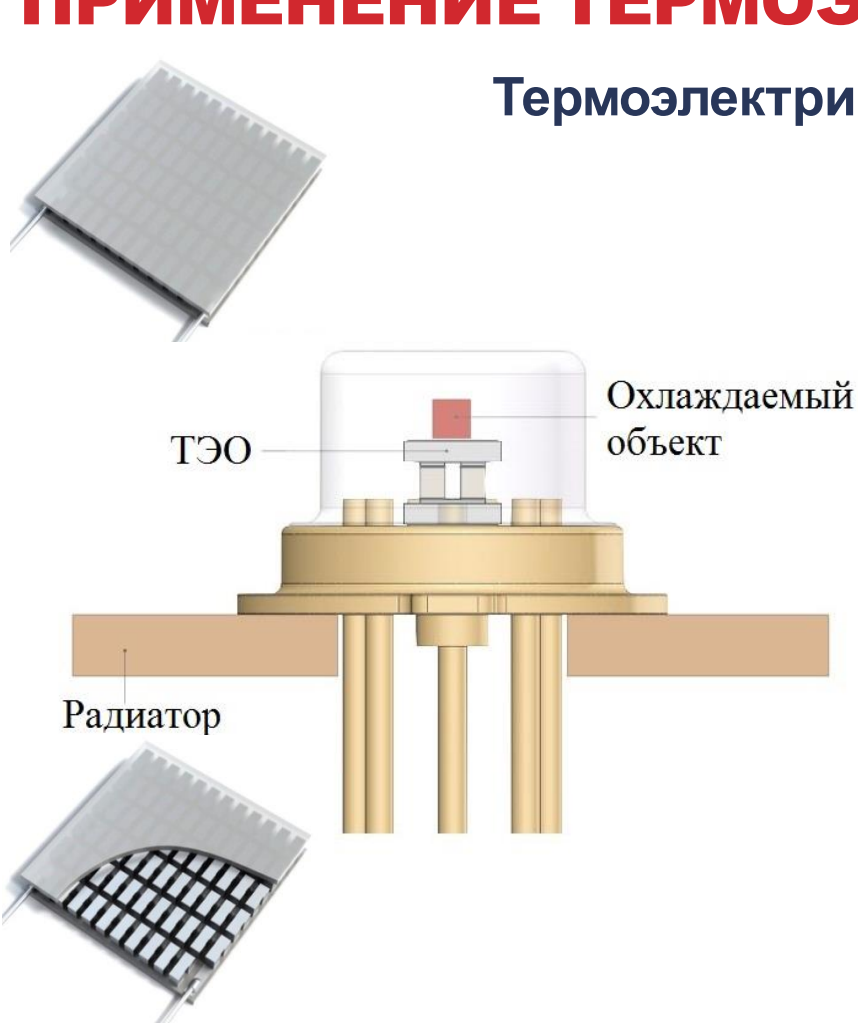
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Термоэлектрическая эффективность традиционных материалов



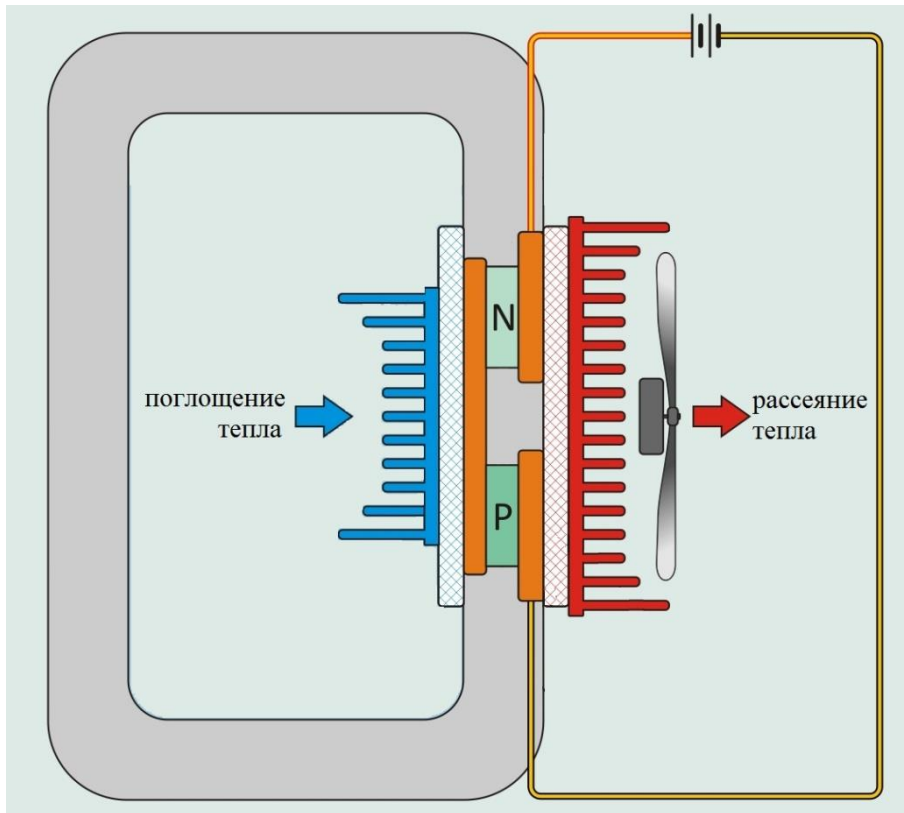
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Термоэлектрическое охлаждение



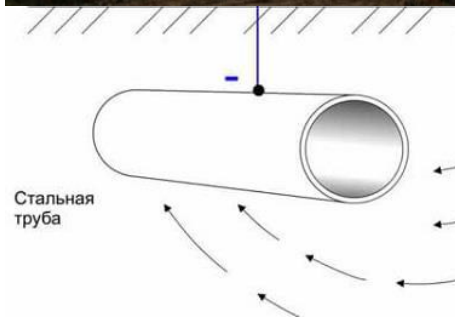
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Термоэлектрическое охлаждение



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Термоэлектрические генераторы для нефтегазовой отрасли



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

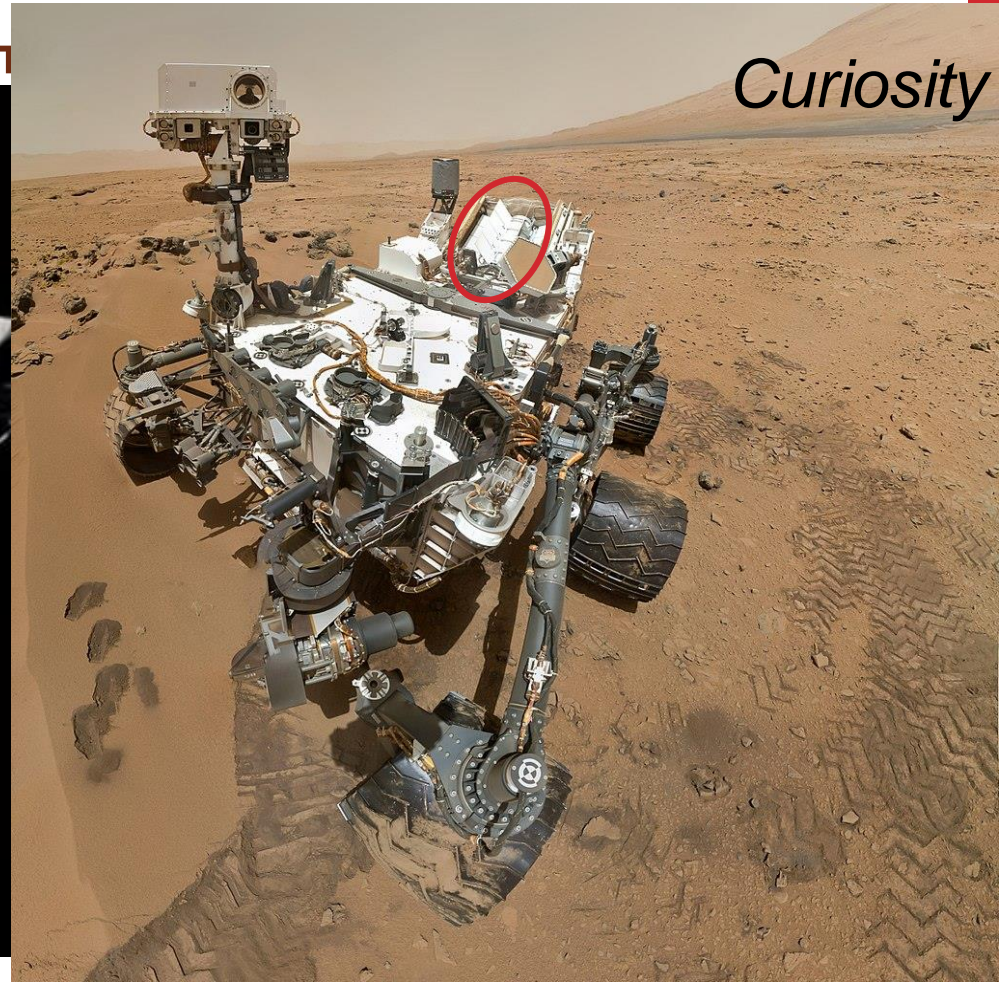
Радиоизотопный термоэлектрический генератор (РИТЭГ)



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Радиоизотопный термоэлектр

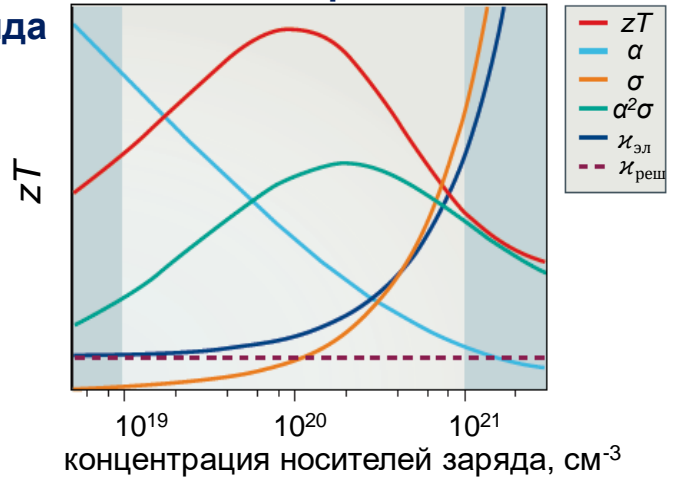
Voyager



Curiosity

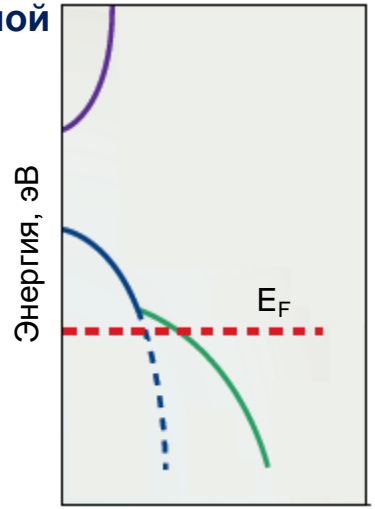
ЧТО ДАЛЬШЕ?

Оптимизация концентрации носителей заряда



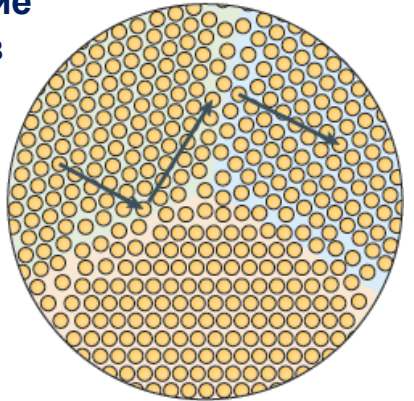
Инженерия зонной структуры

$$zT = \frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa} T$$

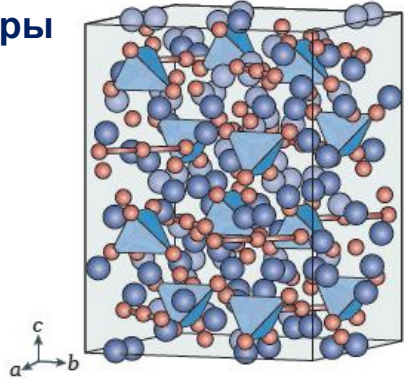


Плотность состояний

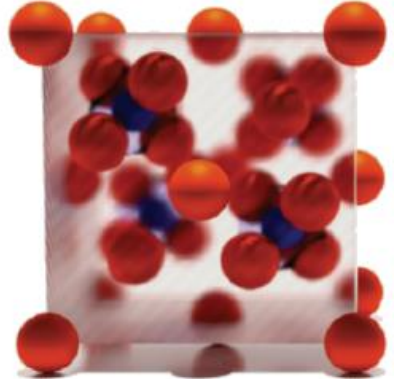
Рассеяние фононов



Сложные кристаллические структуры



ФСЭК



ЧТО ДАЛЬШЕ?

