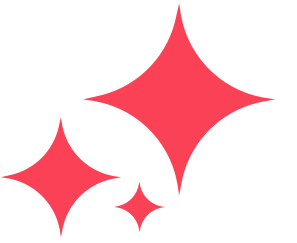




Квантови свойства на светлината

преподаваме.bg

Днес ще научим:



- как телата излъчват светлина в зависимост от температурата си (закон на Стефан-Болцман);
- какво представлява „абсолютно черно тяло“;
- в какво се изразява квантовата природа на светлината;
- по какъв начин температурата определя цвета на излъчването (закон на Вин);
- какво представляват фотоните;
- как LED лампите могат да имитират излъчването на нагрети тела.

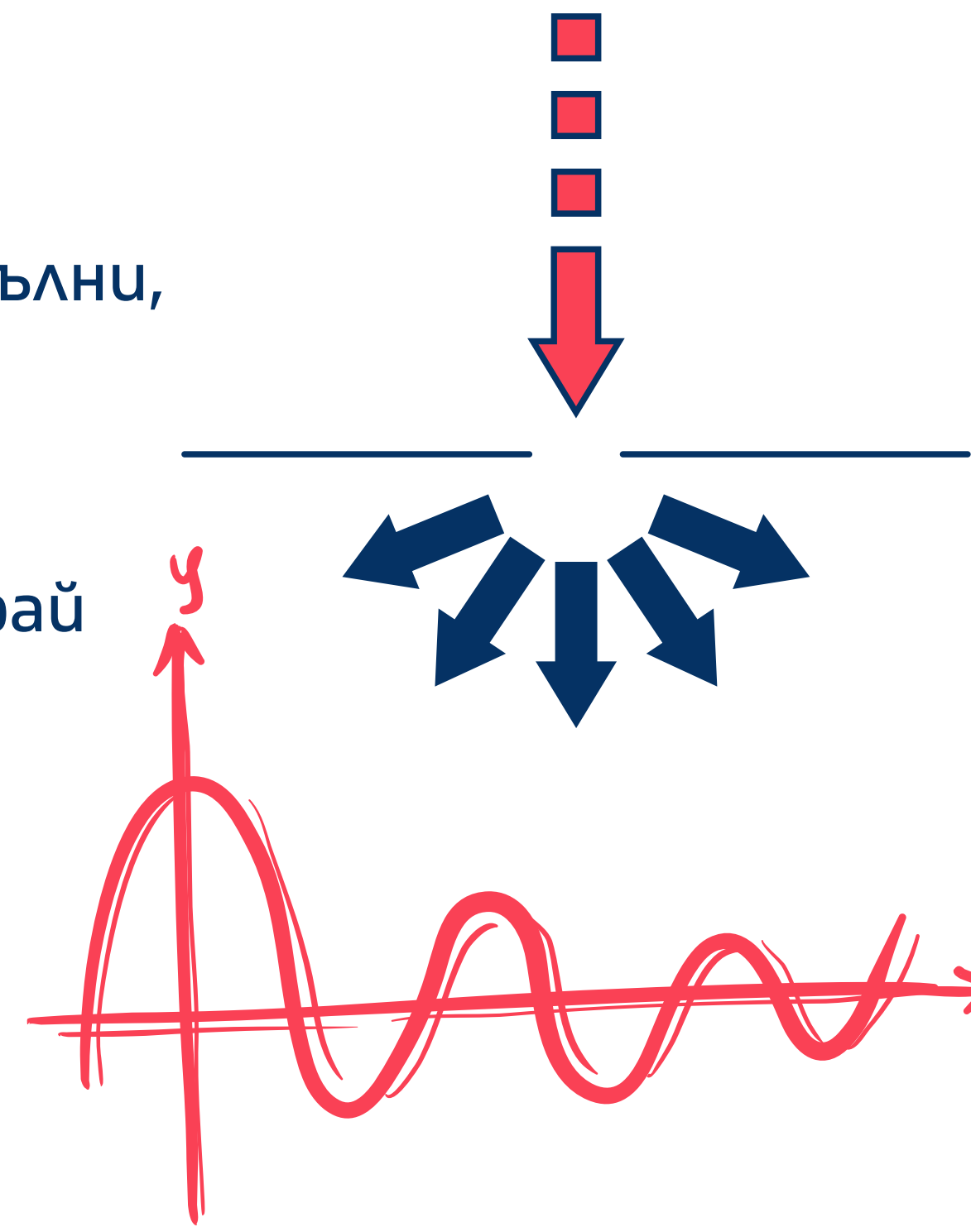
Цел на проекта:

- да разберем защо цветовете на излъчваната светлина зависят от енергията и как това се използва в реалния свят.

Вълново-корпускулярен дуализъм

Вълнови свойства на светлината

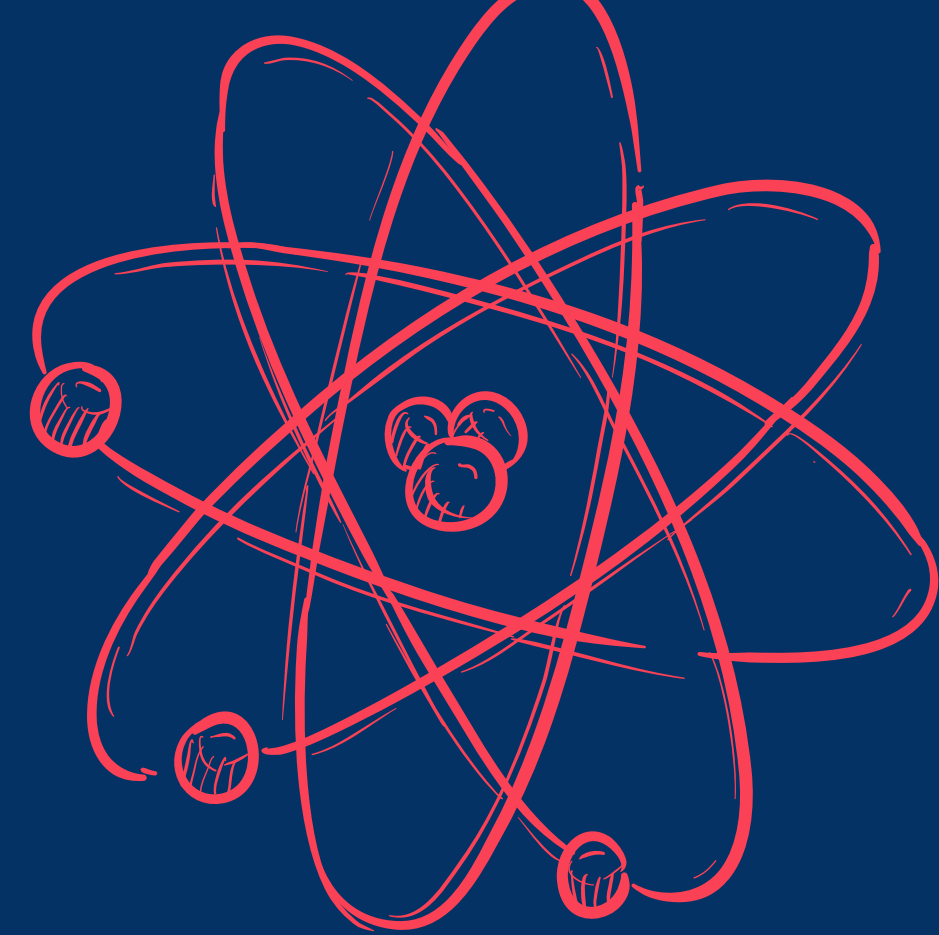
- **Интерференция:** Наслагване на две или повече светлинни вълни, което води до усилване или отслабване на светлината в зависимост от фазовата разлика.
- **Дифракция:** Отклонение на светлинните вълни от праволинейното им разпространение при преминаване покрай препятствие или през процеп.
- **Дисперсия:** Разлагане на бялата светлина на съставните ѝ цветове (вълни с различна дължина) при преминаване през призма.



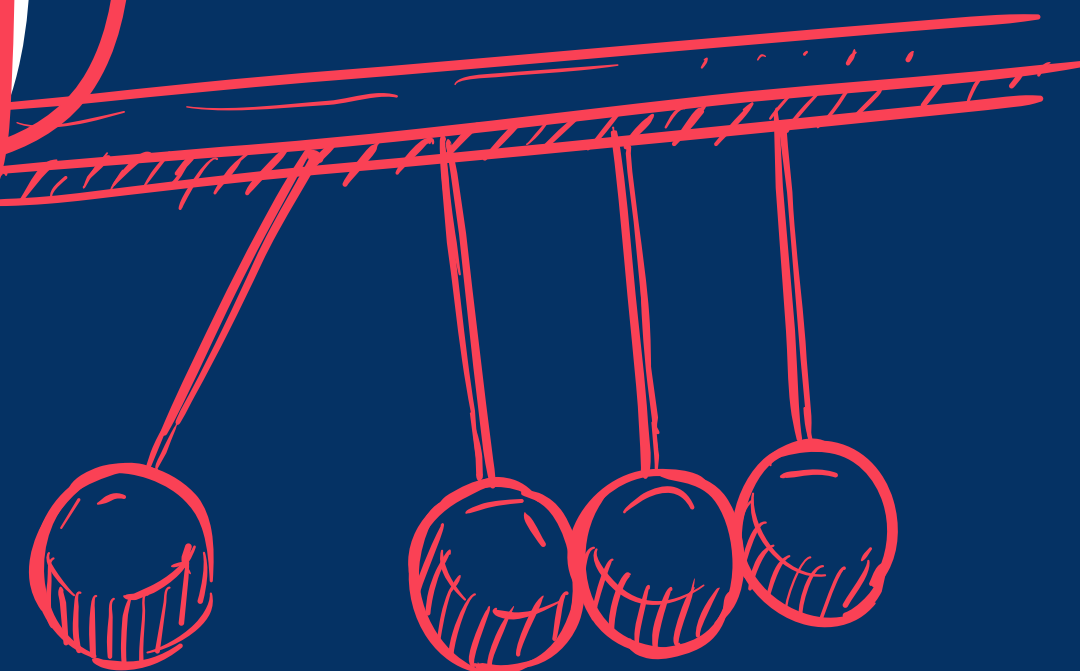
Корпускулярни свойства:

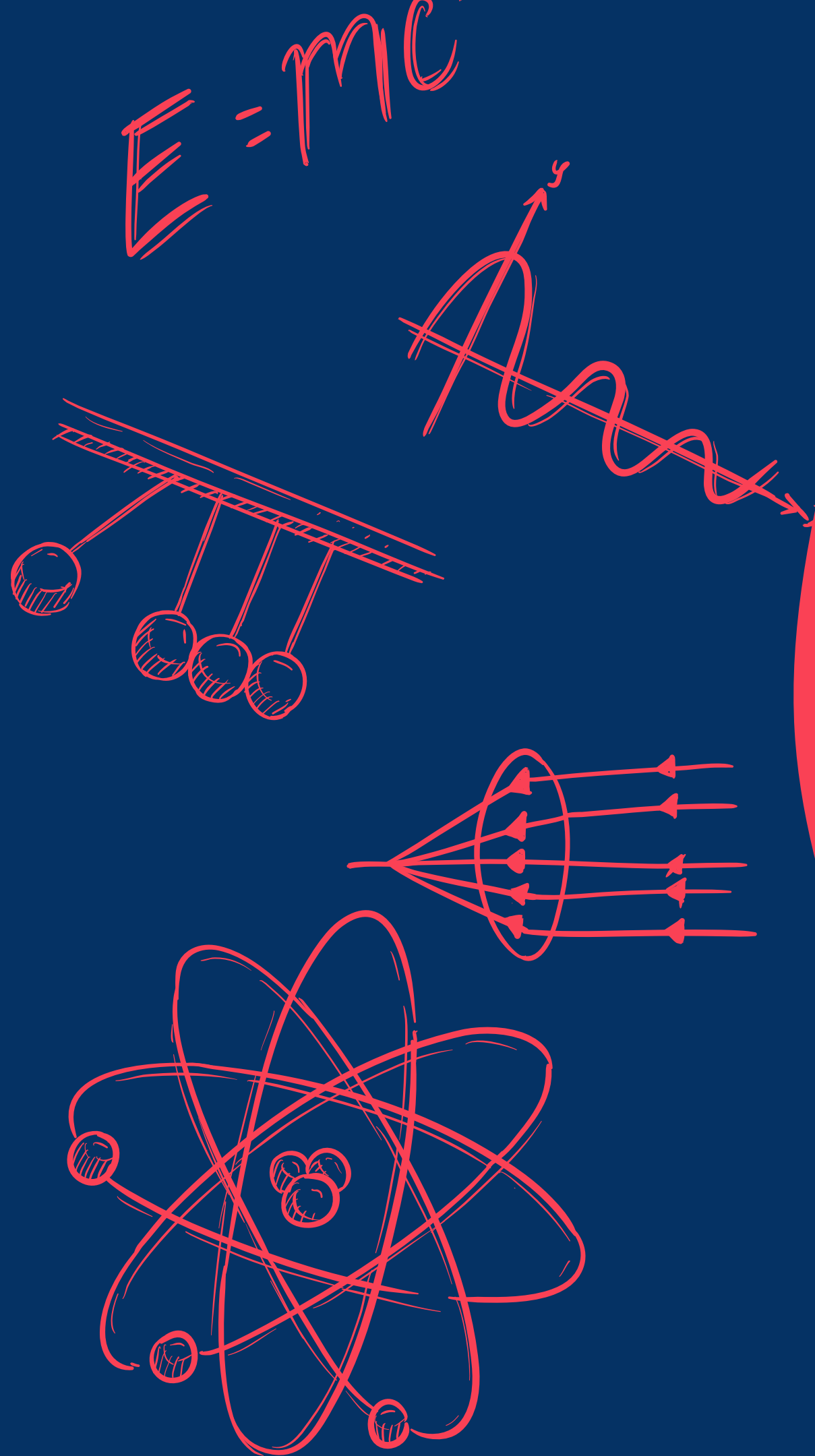
- **Фотоелектричен ефект:** избиране на електрони от метална повърхност под действието на светлина. Светлината се държи като поток от частици (фотони), които предават енергия на електроните.
- **Топлинно излъчване:** превръщането на топлинната енергия в светлинна енергия. Излъчването се осъществява чрез емисия на фотони от нагрят обект.

преподаваме.bg



$$E=mc^2$$





Фотони



Фотоните са частици светлина, които носят енергия. Когато източникът на светлина излъчва вълни, той всъщност изпраща множество фотони.

Фотоните носят различно количество енергия, в зависимост от дължината на вълната.

Формула за изчисляване на енергията на фотоните:

$$E = h \cdot c / \lambda$$

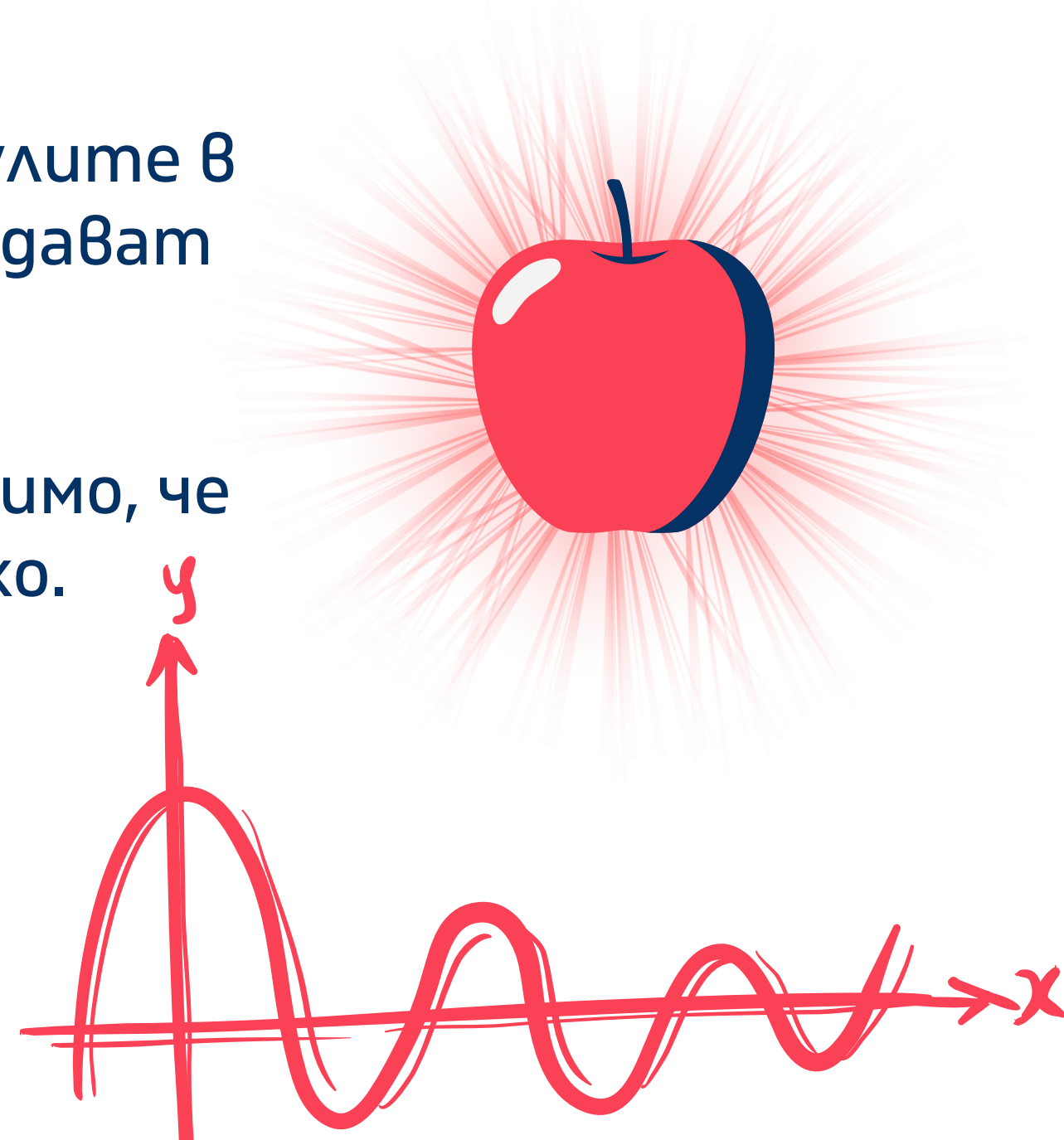
- Къса дължина на вълната → голяма енергия.
- Фотоните на UV светлина имат по-голяма енергия от видимата светлина. Затова UV лъчите могат да причинят изгаряне на кожата.

Топлинно излъчване

Всяко тяло, независимо дали е горещо или студено, излъчва електромагнитни вълни. Причината е, че атомите и молекулите в него постоянно се движат и вибрират, а движенията им създават излъчване.

На практика това означава, че всички тела светят, независимо, че понякога излъчваната светлина е невидима за човешкото око.

- Студените тела излъчват инфрачервени лъчи.
- По-топлите излъчват видима светлина.
- Много топлите излъчват ярка бяла светлина.

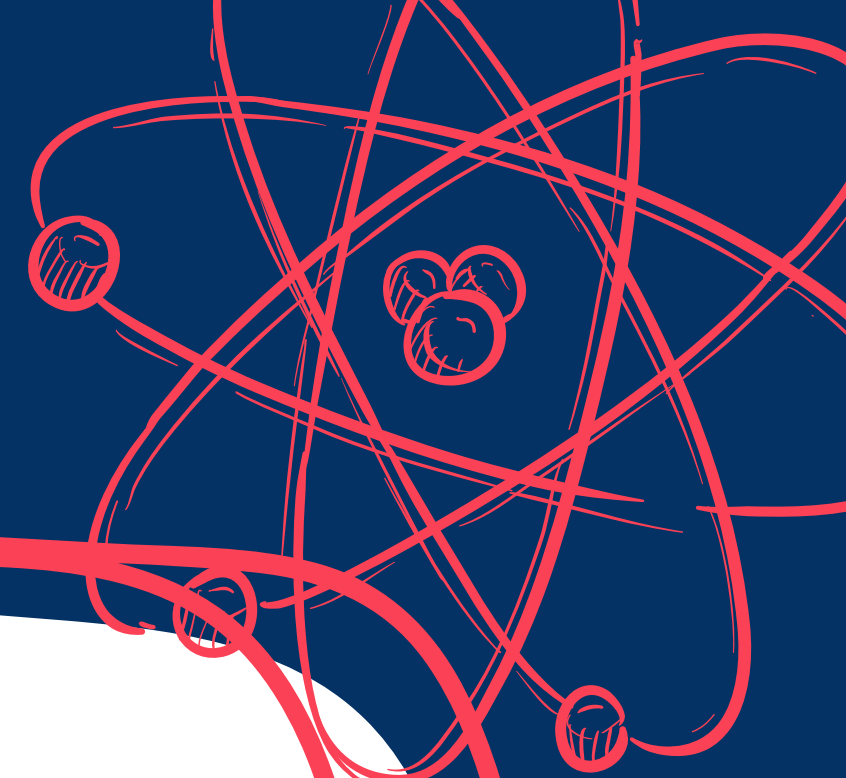


Абсолютно черно тяло

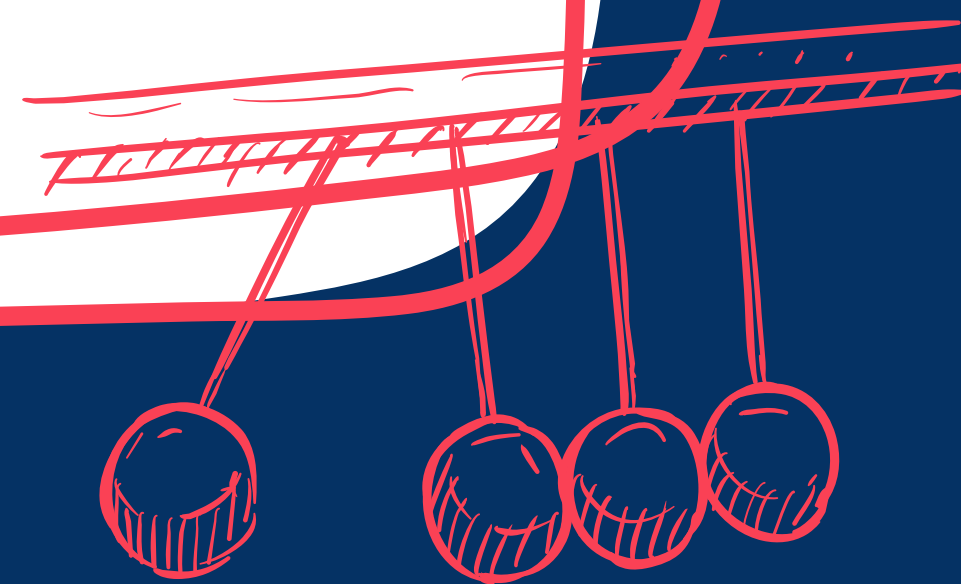
Това е идеално тяло, което поглъща цялата падаща светлина и нищо не отразява. То е „перфектният нагревател“ — светлината, която излъчва, защото зависи само от температурата му.

Реалните тела не са абсолютно черни, но много природни и лабораторни обекти се държат почти като черни тела. Такива са: вътрешността на фурната, нажежаемата жичка в крушките, както и звездите.

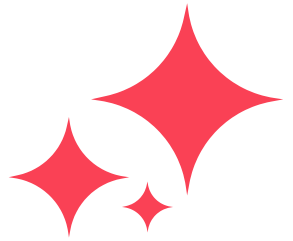
преподаваме.bg



$$E=mc^2$$



Квантова теория на Планк



Според класическите теории, при много малки дължини на вълната, на теория излъчването става безкрайно. На практика обаче това не се случва. Планк предложил, че светлинната енергия не е непрекъснатата, а се излъчва на малки порции (кванти) и извежда следната зависимост:

$$E = h \cdot f$$

където:

- E – енергия на фотона
- h – константа на Планк
- f – честота на светлинната вълна

Това поставя началото на квантовата физика.

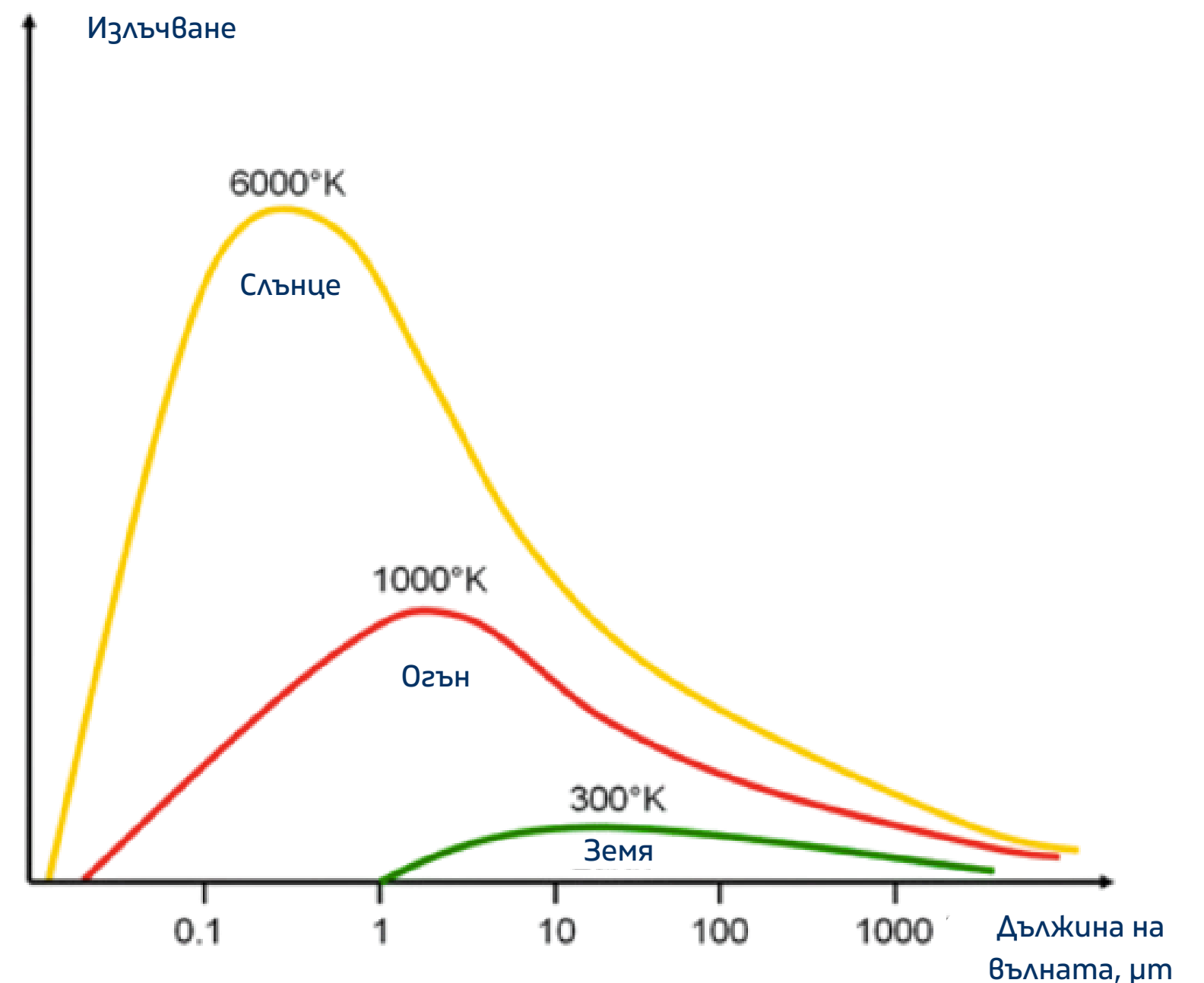


Закон на Стефан-Болцман

Общата енергия, излъчена от повърхността на едно черно тяло на единица площ за единица време, е право пропорционална на четвъртата степен на неговата абсолютна температура.

$$P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Графиката при различни температури показва, че при по-висока температура мощността на излъчване за единица време се повишава (по-голяма площ под кривата).



Закон за изместването на Вин

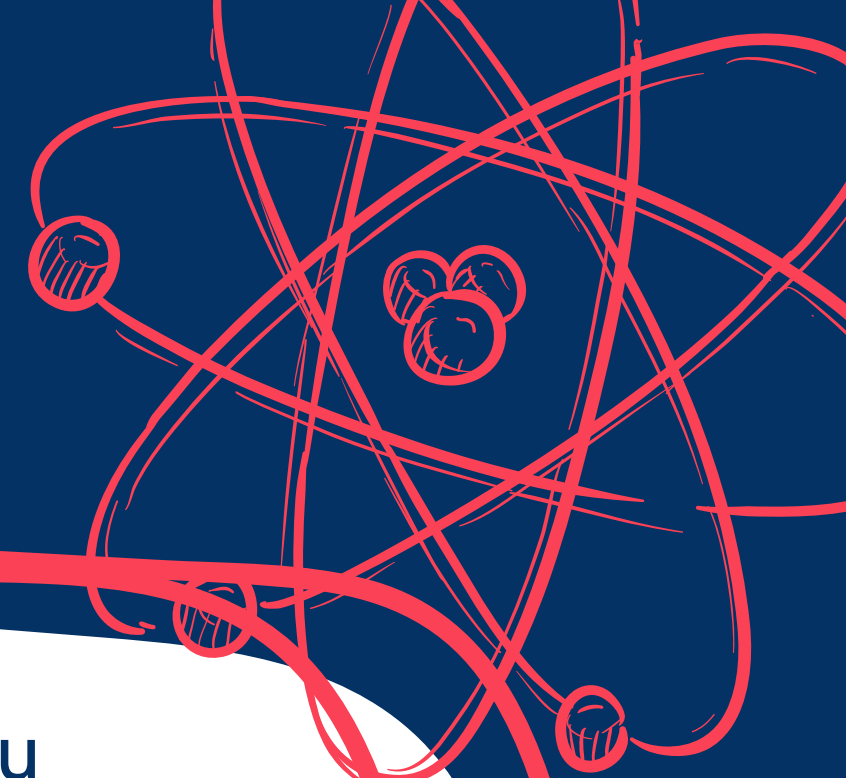
Описва връзката между температурата на абсолютно черно тяло и дължината на вълната, при която излъчването му е най-интензивно.

$\lambda_{\text{max}} \cdot T = b$, където:

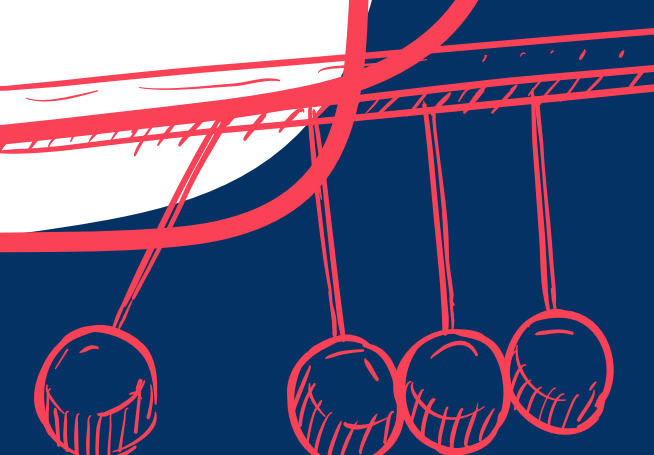
- λ_{max} е дължината на вълната на максималната интензивност,
- T е абсолютната температура в келвини,
- b е константа, равна на приблизително 0.30 cm.K

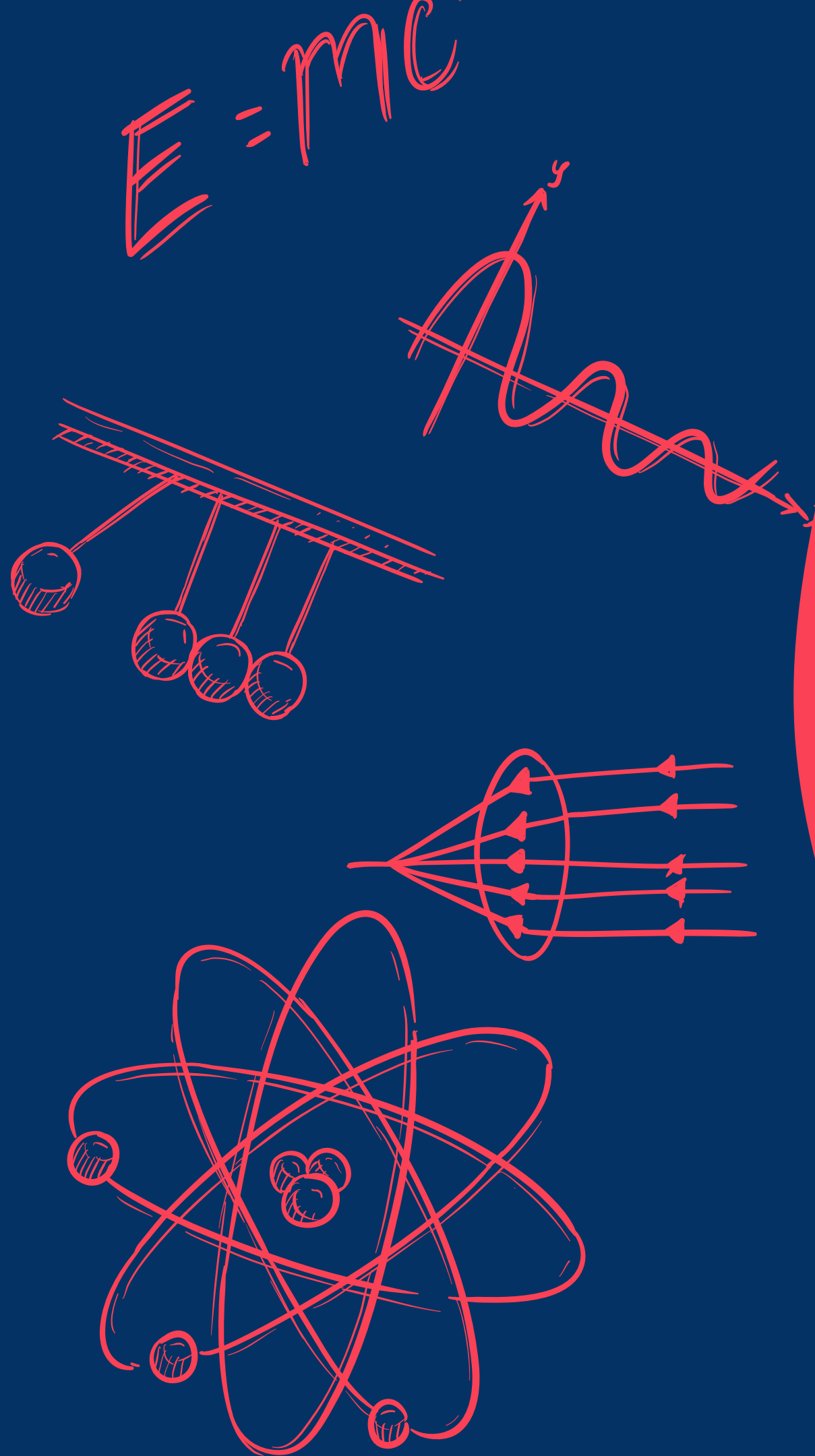
Законът показва, че по-високите температури съответстват на по-къси дължини на вълните и обратно.

преподаваме.bg



$E = mc^2$





Какво означава това?



Според Закона на Вин, при нагряване на телата до определена температура, максимална мощност на излъчване се наблюдава при определена дължина на вълната с определен цвят.

- При ниски температури под 3600 К най-силно е дълговълновото излъчване от инфрачервени лъчи $\lambda_{\max} > 0.7 \mu\text{m}$
- При температури между 3600 К и 8000 К най-силно е излъчването във видимия спектър $0.4 \mu\text{m} < \lambda_{\max} < 0.7 \mu\text{m}$
- При температури над 8000 К най-силно е късовълновото излъчване от ултравиолетови лъчи $\lambda_{\max} < 0.4 \mu\text{m}$

При повишаване на температурата цветът на излъчваната светлина се измества към синята част на спектъра.

Черно тяло ли е LED лампата?

преподаваме.bg

$$E = mc^2$$



LED лампата НЕ е черно тяло

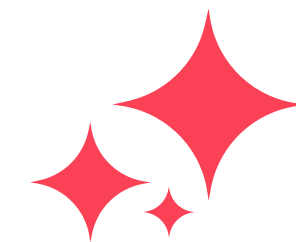
LED:

- не излъчва целия спектър
- цветът се определя от материала на полупроводника, а не от температурата

Черно тяло:

- излъчва всички дължини на вълната
- цветът се определя само от температурата

Как LED имитира „нагряване“?



Чрез смесване на RGB можем да имитираме промяната на цвета на истинско черно тяло при нагряване, като същевременно използваме безопасен и температурно независим модел.

Вместо да нагряваме тяло до $>1000^{\circ}\text{C}$, използваме RGB LED и променяме цветовете така, че да „следват“ очакваното излъчване при нагряване на черно тяло:

- „ниска T “ \rightarrow червено;
- „средна T “ \rightarrow червено + зелено (оранжево/жълто);
- „висока T “ \rightarrow добавяме синьо

По този начин можем да създадем безопасен визуален модел на закона на Вин.

