

The background features a dark blue gradient with a starry pattern. On the left side, there are several technical diagrams. A prominent one is a circular scale with tick marks and numbers ranging from 140 to 260. Other diagrams include concentric circles, dashed lines, and arrows, suggesting a scientific or engineering context.

# ЭФФЕКТ КОМПТОНА

ФИЛИППОВ ДАНИИЛ

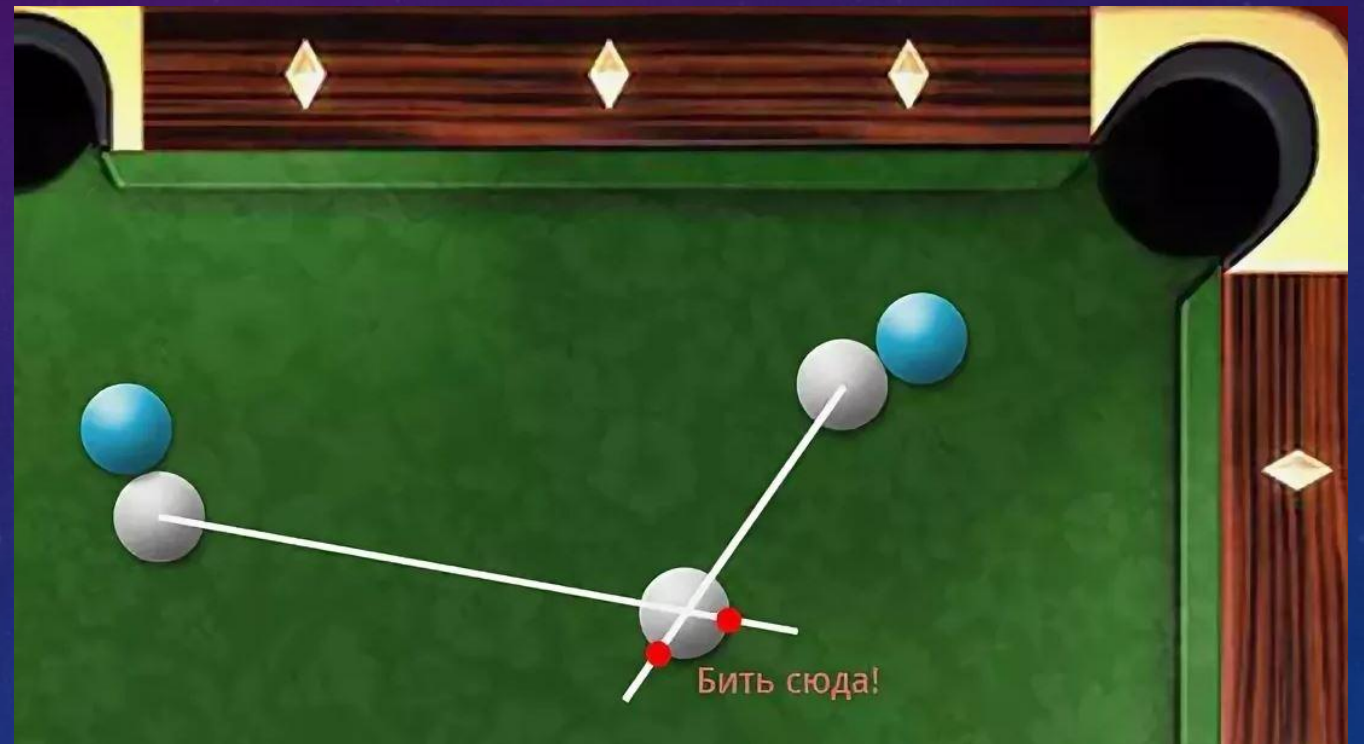
блинчики

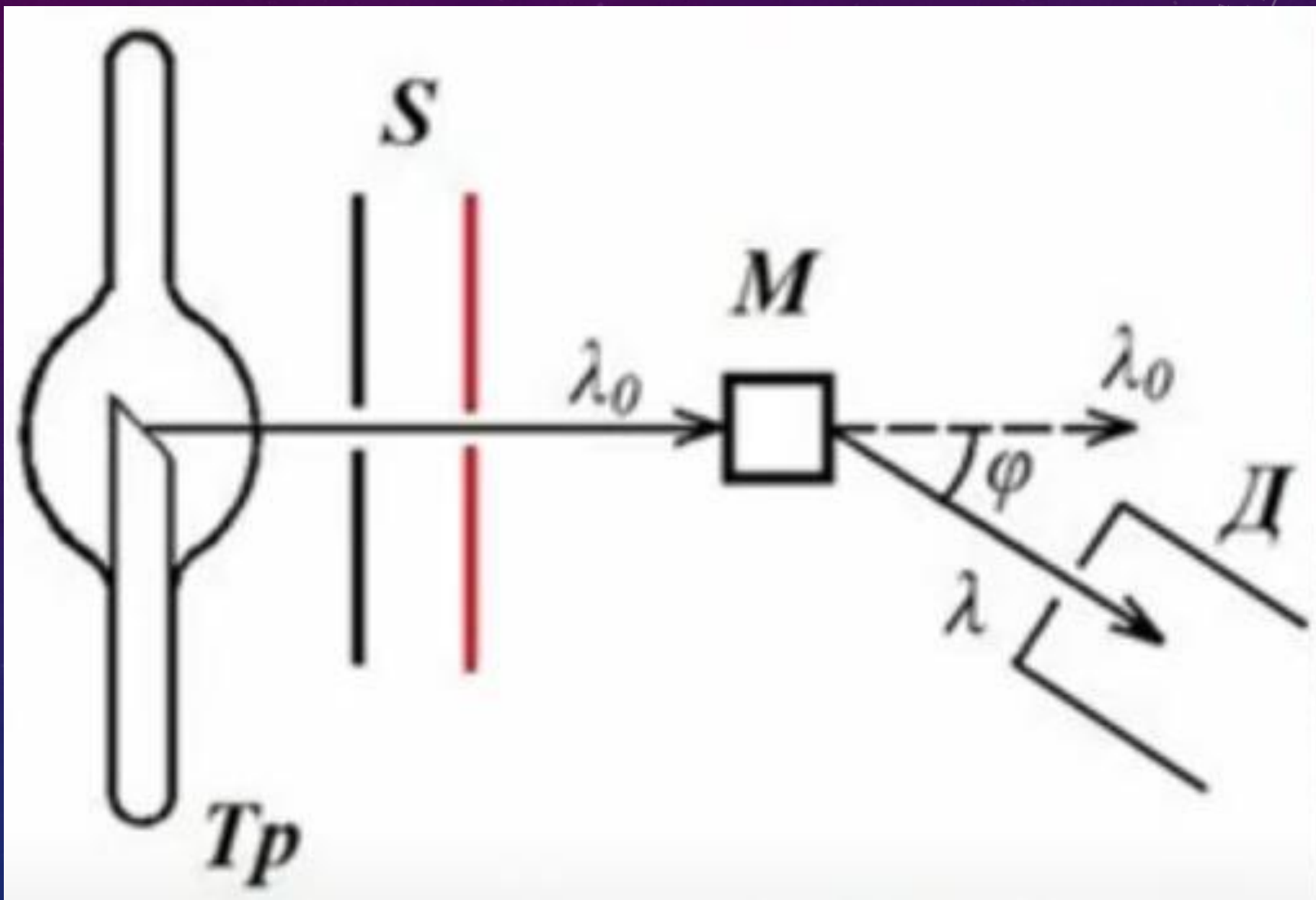


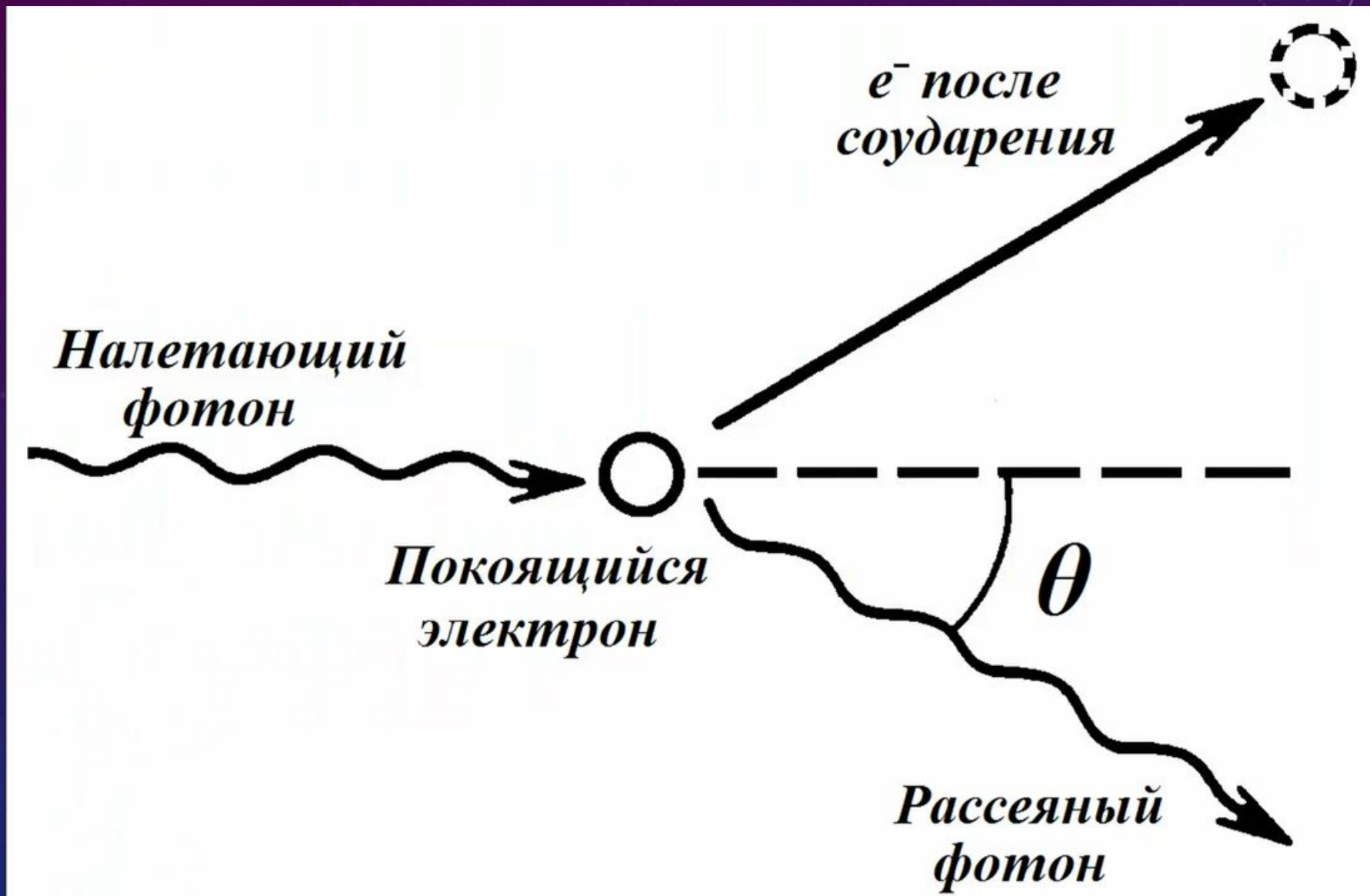
боулинг



# БИЛЬЯРД







Пусть фотон с энергией  $h\nu$  падает на покоящийся электрон. Запишем уравнения, выражающие законы сохранения энергии и импульса:  
 1. энергия до столкновения (энергия фотона  $h\nu$  плюс энергия покоя электрона) должна равняться энергии после столкновения (энергия  $h\nu'$  рассеянного фотона плюс полная энергия получившего отдачу электрона)

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + mc^2, \quad (1)$$

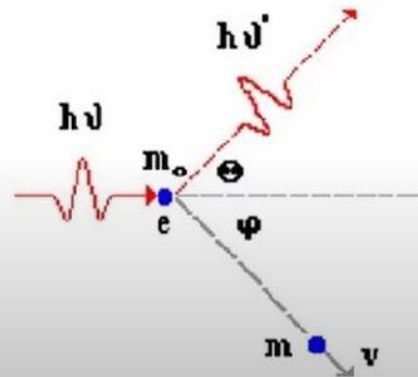
где  $m_0$  - масса покоящегося электрона,  $m$  - масса движущегося электрона,  $c$  - скорость света;

2. импульс падающего фотона  $p$  должен равняться сумме импульсов электрона  $p_e$  и рассеянного фотона  $p'$

$$p = p' + p_e \quad (2)$$

Энергия фотона связана с импульсом соотношением

$$|p| = h\nu/c. \quad (3)$$



Преобразуем выражение (1): перенесем энергию рассеянного кванта в левую часть, выразим энергии квантов через импульсы в соответствии с (3), разделим обе части равенства на  $c$  и возведем в квадрат

$$(p - p' + m_0c)^2 = (mc)^2. \quad (4)$$

В законе сохранения импульса (2) перенесем импульс рассеянного кванта в левую часть и возведем в квадрат обе части равенства

$$p^2 - 2pp' + p'^2 = p_e^2. \quad (5)$$

После вычитания последнего равенства из (4) получим

$$-2pp' + 2pp' \cos\Theta + 2pm_0c - 2p'm_0c + m_0^2c^2 = m^2c^2 - p_e^2 \quad (6)$$

Квадрат полной энергии электрона

$$E_e^2 = (mc^2)^2 = p_e^2c^2 + m_0^2c^4.$$

$$E_e^2 = (mc^2)^2 = p_e^2 c^2 + m_0^2 c^4.$$

Учитывая это, замечаем, что правая часть (6) равна  $m_0^2 c^2$ . Точно такое же слагаемое есть и в левой части (6). После сокращений получим выражение для модуля импульса рассеянного фотона

$$p' = p/[1 + (p/mc)(1 - \cos\Theta)]. \quad (7)$$

Поскольку импульс фотона  $p = h/\lambda$ , получаем окончательное выражение для изменения длины волны рассеянного фотона

$$\lambda' - \lambda = (h/m_0 c)(1 - \cos\Theta). \quad (8)$$

Величина  $h/m_0 c$  называется *комптоновской длиной волны электрона*, ее численное значение равно  $h/m_0 c = 2.4263096(15) \cdot 10^{-12}$  м. Это длина волны фотона с энергией, равной  $m_0 c^2$  - энергии покоя электрона.

Убедитесь, что если бы эффект Комптона можно было наблюдать в видимой части спектра, смещение длины волны составило бы тысячные доли длины первичной волны. В рентгеновской области ( $h\nu$  порядка кэВ) изменение порядка 10%, для  $\gamma$  - лучей ( $h\nu$  порядка МэВ) оно сравнимо с длиной волны.

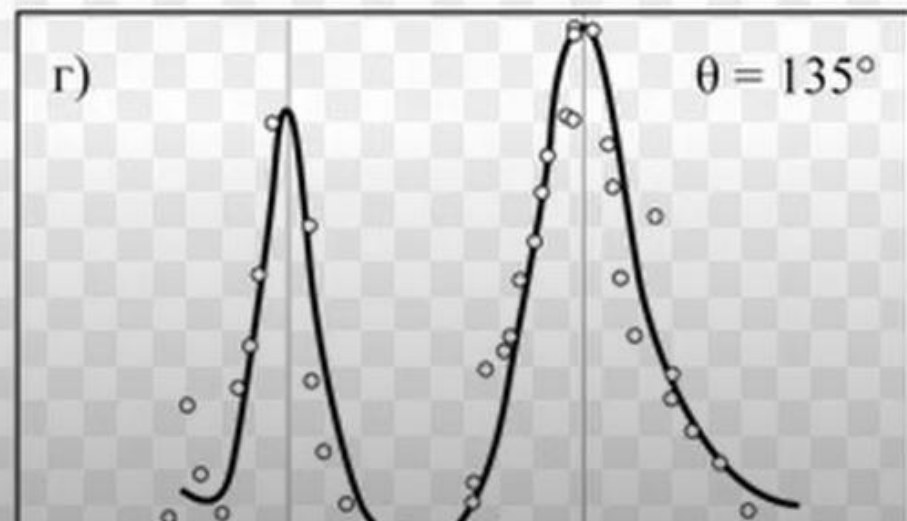
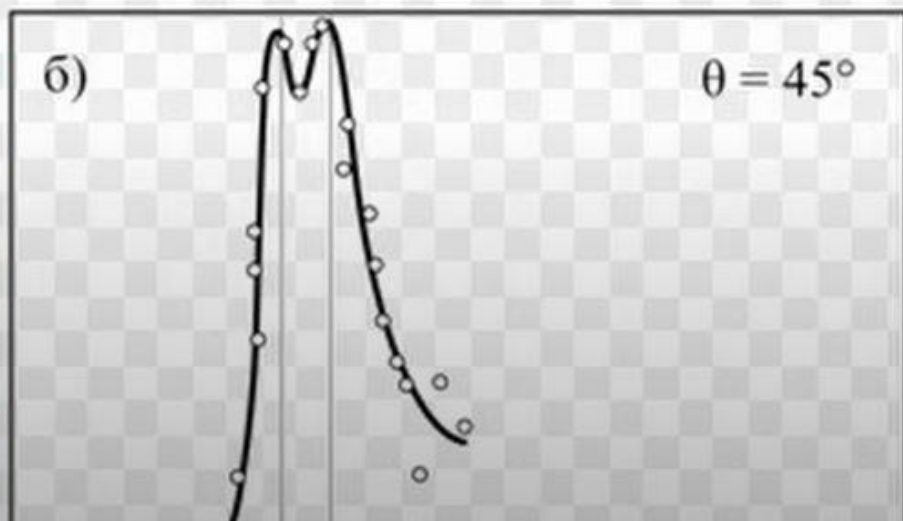
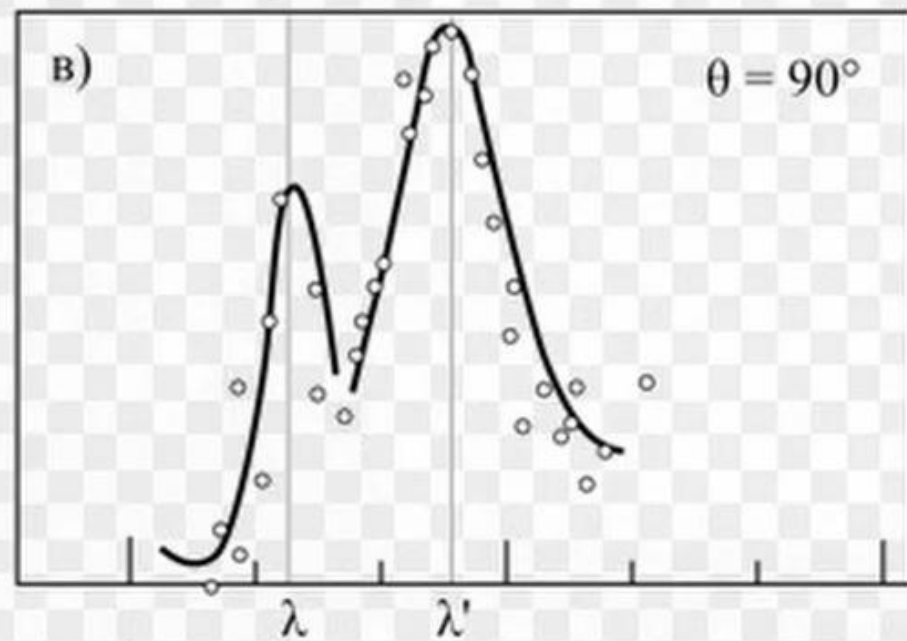
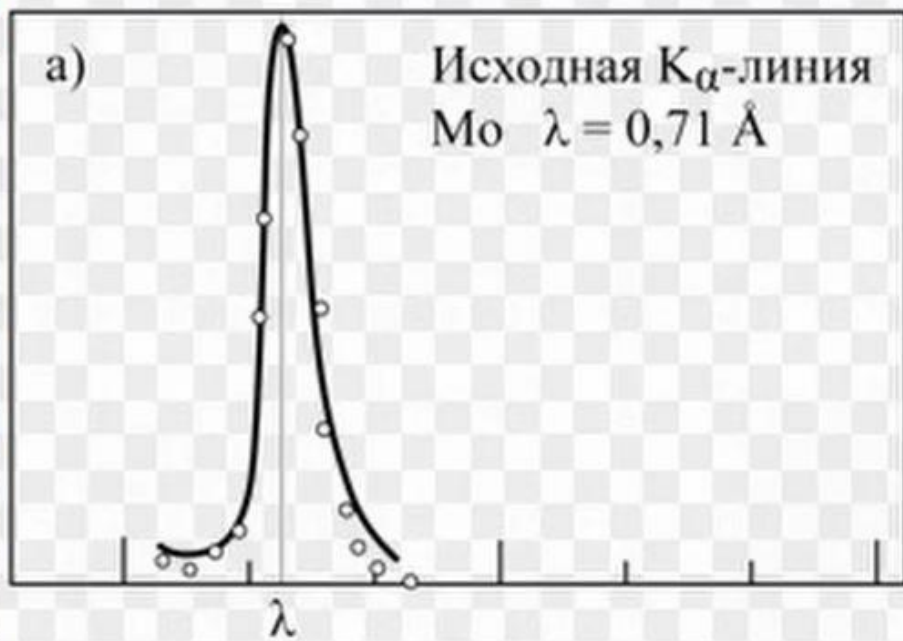
$$p' = p/[1 + (p/mc)(1 - \cos\Theta)]. \quad (7)$$

Если обе части равенства (7) умножить на  $c$ , получим энергию рассеянного фотона

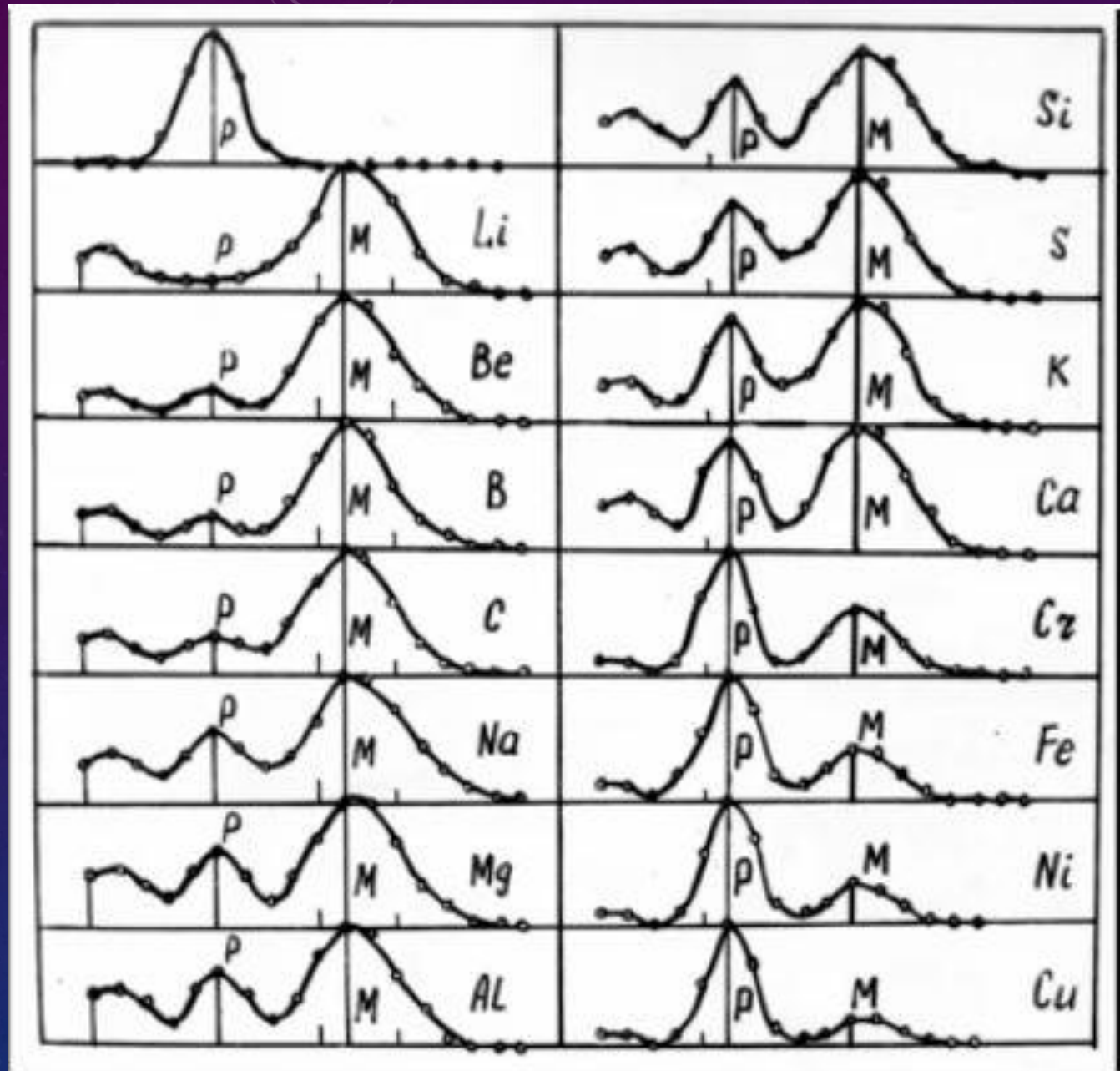
$$h\nu' = h\nu/[1 + (h\nu/m_0 c^2)(1 - \cos\Theta)]. \quad (9)$$

Разность энергий первичного и рассеянного фотонов равна кинетической энергии электрона, который А.Комптон назвал "электроном отдачи",

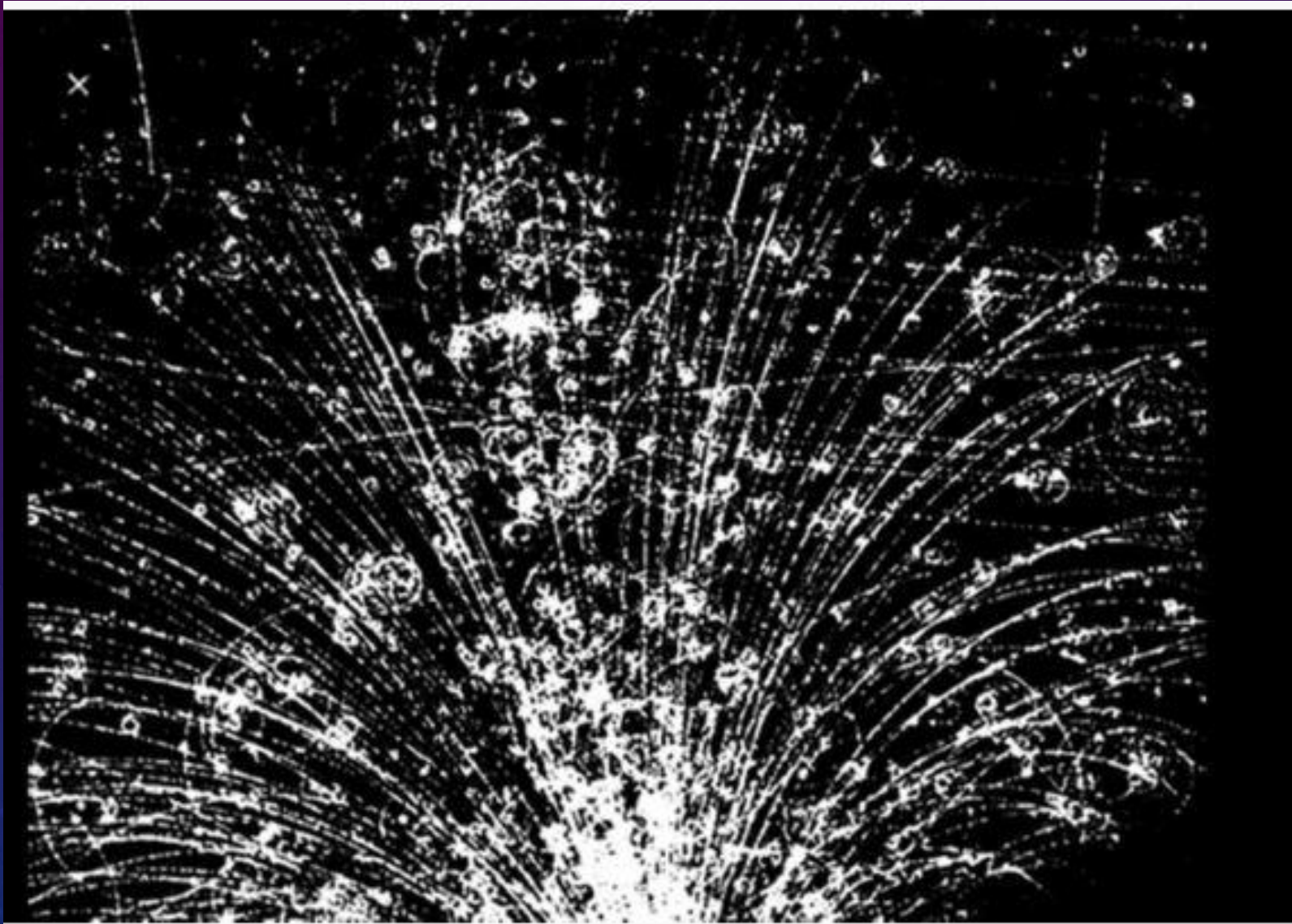
$$T_e = h\nu - h\nu'.$$

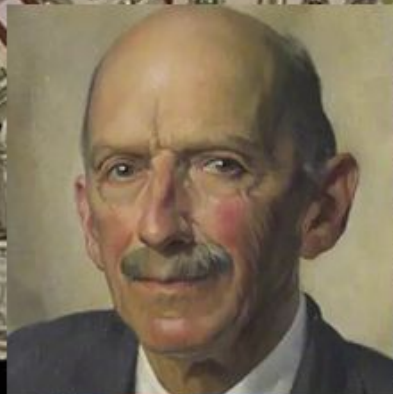












Вильсон



Томсон

