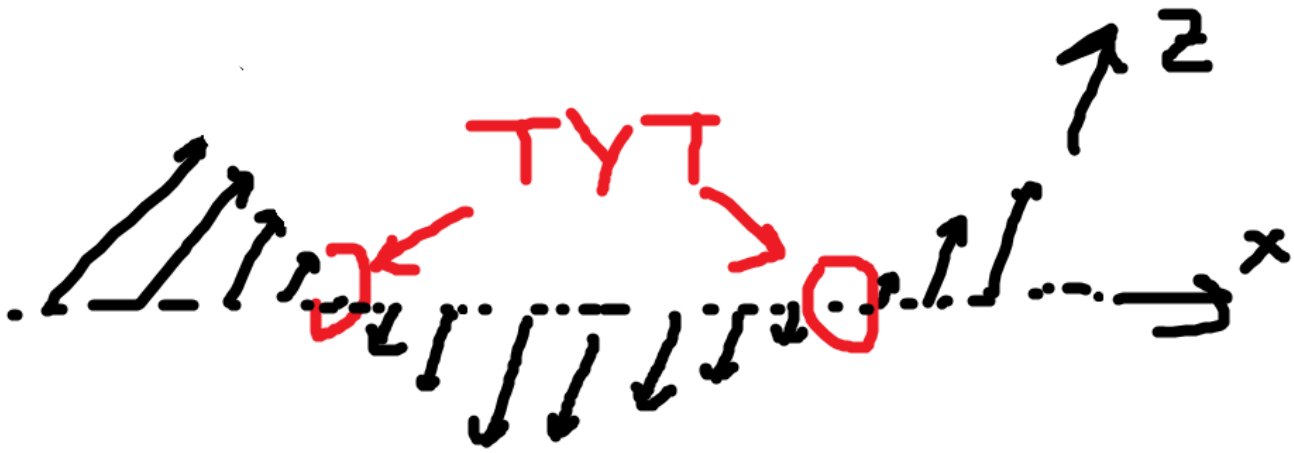
Вообще на физфаке в 4-м семестре (простит за молодёжный сленг) очень любят «шипперить» кванты и оптику. Иногда по делу, а иногда нет – можно впасть в ложные аналогии. Приведём пример такой.
ВФ $\Psi(x) = Ae^{ikx}$ ну очень сильно напоминает синусоидальную э/м волну $E_z(x) = Ee^{ikx-\omega t}$. А уж если вспомнить, что от времени ВФ зависит как $\Psi(x,t) = \Psi(x,0)e^{-iEt/h}$ (т.е. $Ae^{i(kx-\frac{Et}{h})}$), то volens nolens скажешь «да это одно и то же!» А меж тем есть принципиальная разница.
Если мы посмотрим на синусоидальную э/м волну, то у неё есть точки, где электрическая напряжённость равна нулю:



Можно сказать, что есть максимумы и минимумы.

ВФ же сама по себе смысла не имеет. Имеет смысл квадрат её модуля. А это $e^{ikx} * e^{-ikx} = 1$. Вот так да! Т.е. у ВФ в пространстве нет никаких максимумов и минимумов.
ВФ e^{ikx} утверждает, что волновое число В ТОЧНОСТИ k, а вот где частица находится в пространстве – чёрт-те её знает. Что, кстати, в духе соотношения неопределённостей Гейзенберга: импульс знаем в точности, координату – вообще без понятия

Происходит эта разница из-за того, что у $Ee^{ikx-\omega t}$ физический смысл имеет действительная часть комплексного числа, а у $\Psi e^{ikx-\omega t}$ - модуль. А вот фаза для ВФ… если мы всюду, во всех точках пространства ВФ, домножим ВФ на $e^{i\alpha}$, то ни одна наблюдаемая величина не изменится. Смысл имеет лишь смещение фазы.

Кстати, эта, казалось бы, неинтересная фаза «домножение ВФ всюду на одну фазу» очень заинтересовала теоретиков – и это стартовой точкой для идеи калибровочных полей. Кому интересно, очень рекомендую это https://www.youtube.com/watch?v=sidkF7elWQk видео.