КВАНТОВЫЕ ПОЛЯ

Кван­то­вое (кван­то­ван­ное) по­ле пред­став­ля­ет со­бой син­тез по­ня­тий клас­сического по­ля ти­па элек­тро­маг­нит­но­го и по­ля ве­ро­ят­но­стей кван­то­вой ме­ха­ни­ки. По современным пред­став­ле­ни­ям, кван­то­вое по­ле – наи­бо­лее фун­да­мен­таль­ная и уни­вер­саль­ная фор­ма ма­те­рии.

Пред­став­ле­ние о клас­сическом элек­тро­маг­нит­ном по­ле воз­ник­ло в тео­рии элек­тро­маг­не­тиз­ма Фа­ра­дея – Мак­свел­ла и при­об­ре­ло совр. вид в спец. тео­рии от­но­си­тель­но­сти, по­тре­бо­вав­шей от­ка­за от эфи­ра как ма­те­ри­аль­но­го но­си­те­ля элек­тро­маг­нит­ных про­цес­сов.

При этом по­ле яв­ля­ет­ся не фор­мой дви­же­ния к.-л. сре­ды, а спе­ци­фической фор­мой ма­те­рии. В от­ли­чие от час­тиц, клас­сическое по­ле не­пре­рыв­но соз­да­ёт­ся и унич­то­жа­ет­ся (ис­пус­ка­ет­ся и по­гло­ща­ет­ся за­ря­да­ми), об­ла­да­ет бес­ко­неч­ным чис­лом сте­пе­ней сво­бо­ды и не ло­ка­ли­зу­ет­ся в оп­ре­де­лён­ных точ­ках про­стран­ст­ва-вре­ме­ни, но мо­жет рас­про­стра­нять­ся в нём, пе­ре­да­вая сиг­нал (взаи­мо­дей­ст­вие) от од­ной час­ти­цы к дру­гой с ко­неч­ной ско­ро­стью, не пре­вос­хо­дя­щей ско­ро­сти све­та.

Воз­ник­но­ве­ние идей о кван­то­ва­нии при­ве­ло к пе­ре­смот­ру клас­сических пред­став­ле­ний о не­пре­рыв­но­сти ме­ха­низ­ма ис­пус­ка­ния и по­гло­ще­ния све­та и к вы­во­ду, что эти про­цес­сы про­ис­хо­дят дис­крет­но – пу­тём ис­пус­ка­ния и по­гло­ще­ния кван­тов элек­тро­маг­нит­но­го по­ля – фо­то­нов.

Воз­ник­шую про­ти­во­ре­чи­вую с точ­ки зре­ния клас­сической фи­зи­ки кар­ти­ну, ко­гда с элек­тро­маг­нит­ным по­лем со­пос­тав­ля­лись фо­то­ны и од­ни яв­ле­ния под­да­ва­лись ин­тер­пре­та­ции лишь в тер­ми­нах волн, а дру­гие – толь­ко с по­мо­щью пред­став­ле­ния о кван­тах, на­зва­ли кор­пус­ку­ляр­но-вол­но­вым дуа­лиз­мом.

Это про­ти­во­ре­чие раз­ре­ши­лось по­сле­до­ва­тель­ным при­ме­не­ни­ем к по­лю идей кван­то­вой ме­ха­ники. Ди­на­мические пе­ре­мен­ные элек­тро­маг­нит­но­го по­ля – по­тен­циа­лы и на­пря­жён­но­сти электрического. и маг­нит­но­го по­лей – ста­ли кван­то­вы­ми опе­ра­то­ра­ми, под­чи­няю­щи­ми­ся оп­ре­де­лён­ным пе­ре­ста­но­воч­ным со­от­но­ше­ни­ям и дей­ст­вую­щи­ми на вол­но­вую функ­цию (ам­пли­ту­ду или век­тор со­стоя­ния) сис­те­мы.

Так воз­ник но­вый фи­зический объ­ект – кван­то­вое по­ле, удов­ле­тво­ряю­щее урав­не­ни­ям клас­сической элек­тро­ди­на­ми­ки, но имею­щее свои­ми зна­че­ния­ми кван­то­во­ме­ха­нические опе­ра­то­ры.

Вве­де­ние по­ня­тия кван­то­во­го по­ля свя­за­но так­же с вол­но­вой функ­ци­ей час­ти­цы ψ(x,t)ψ(x,t), ко­то­рая яв­ля­ет­ся не са­мо­стоя­тель­ной фи­зич. ве­ли­чи­ной, а ам­пли­ту­дой со­стоя­ния час­ти­цы: ве­ро­ят­но­сти лю­бых от­но­ся­щих­ся к час­ти­це фи­зич. ве­ли­чин оп­ре­де­ля­ют­ся би­ли­ней­ны­ми вы­ра­же­ния­ми.

Т. о., в кван­то­вой ме­ха­ни­ке с ка­ж­дой ма­те­ри­аль­ной час­ти­цей свя­за­но но­вое по­ле – по­ле ам­пли­туд ве­ро­ят­но­стей. Обоб­ще­ние на слу­чай мн. час­тиц, удов­ле­тво­ряю­щих прин­ци­пу не­раз­ли­чи­мо­сти (то­ж­де­ст­вен­но­сти прин­ци­пу), оз­на­ча­ет, что для опи­са­ния всех час­тиц дос­та­точ­но од­но­го по­ля в че­ты­рёх­мер­ном про­стран­ст­ве-вре­ме­ни, яв­ляю­ще­го­ся опе­ра­то­ром в кван­то­вой ме­ха­ни­ке.

Это дос­ти­га­ет­ся пе­ре­хо­дом к но­во­му кван­тово­ме­ха­ническому пред­став­ле­нию – пред­став­ле­нию чи­сел за­пол­не­ния (или пред­став­ле­нию вто­рич­но­го кван­то­ва­ния).