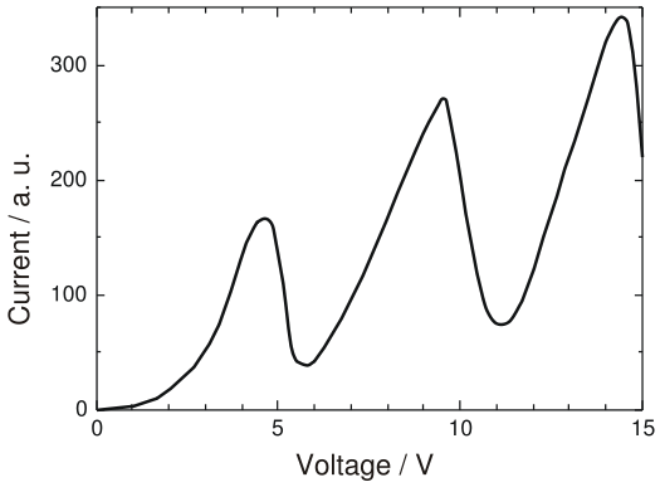
Franck-Hertz-kísérlet

A mikrovilágban megjelenő diszkrét energiák létezésének egyik jól ismert kisérlete a Franck--Hertz-kísérlet, amelyet J. Franck és G. Hertz végezte el először. Lényege a következő. Egy edényben, amelyben kisnyomású Hg-gőz van, katód fémszál izzítása útján elektronokat keltünk, majd ezeket a fémszál és egy az elektronok számára átjárható rács közé kapcsolt U feszültséggel felgyorsítjuk. Az elektronok útjuk során ütközhetnek a Hg-atomokkal, és ha ezután átjutnak a rácson, akkor egy gyenge fékező elektromos térbe kerülnek, amelynek célja az, hogy a nagyon kis energiájú elektronok ne érhessék el az anódot. Az anódra eljutott elektronok mennyiségét a körben folyó I áram nagysága mutatja. Az I áramot az U gyorsítófeszültség függvényében mérve az ábrán látható eredményt kapjuk. A feszültség növelésével az I áram kezdetben nő, ami megfelel a várakozásnak. Egy kritikus U_1 gyorsítófeszültség elérésekor, azaz az e töltésű elektronok ennek megfelelő $E = eU$ mozgási energiájánál azonban az áram hirtelen leesik. Ez azt jelenti, hogy ennél a mozgási energiánál megváltozik az elektronok és a Hg-atomok kölcsönhatásának jellege: a kisebb mozgási energiáknál az ütközés rugalmas, az E értékelérésekor hirtelen rugalmatlanná válik. Ez azt jelenti, hogy az ütközés során az elektronok elveszítik mozgási energiájuk egy részét, és nem tudnak átjutni a gyenge fékező téren. A feszültséget tovább növelve, megint nő az áram, majd az $U_2 \approx 2U_1$ feszültségnél újabb áramcsökkenés következik be. Ennek oka a fentiek szerint az lehet, hogy a $2E$ mozgási energiára felgyorsult elektronok két ütközéssel ismét elveszítik az energiájuk nagy részét és nem jutnak el az anódra. A további maximumok helyének magyarázata hasonló. A kísérlet tehát egyértelműen mutatja, hogy a Hg-atom csak meghatározott nagyságú energiát tud a vele ütköző elektrontól felvenni, vagyis az energiája csak meghatározott értékkel változhat.



A kísérlet alapján meg lehet állapítani a két lehetséges állapot energiakülönbségét is. A Hg-atom esetén $U_1 = 4.86$ V, ami azt jelenti, hogy a kérdéses energiakülönbség $E_2 - E_1 = 4.86$ eV. A kísérletek során sikerült azt is kimutatni, hogy az áram lecsökkenésével egyidejűleg a Hg $\lambda=2.54\cdot10^{-7}$ m hullámhosszú, azaz $\nu=1.18\cdot10^{15}$ s^{-1} frekvenciájú sugárzást bocsát ki. Ez újabb bizonyíték az atomokban a diszkrét energiaszintek létezése mellett: a magasabb E_2 energiájú állapotból az alacsonyabb E_1 energiájú állapotba való visszatérés közben a Hg-atom energiáját egy foton formájában adja le.