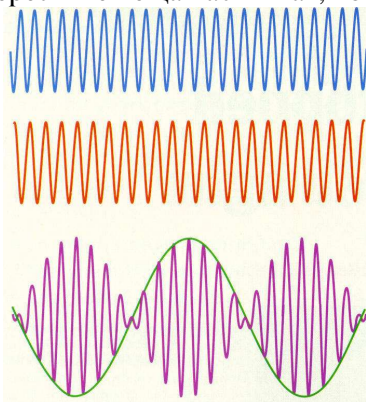


За разликата между фазова и групова скорост¹

Известно е, че съществува горна граница за скоростта на светлината – това е скоростта ѝ във вакуум, фиксирана днес на 299 792 458 m/s. Няма обаче ограничение за това, колко бавно може да се движи светлината. През последните години учените успяха да забавят светлината до скоростта на пешеходец и дори да я спрат съвсем, така че да може да се “складира”, да се натрупва за нуждите на последваща употреба. Бавната светлина обещава да играе важна роля в оптичните технологии, защото позволява оптичните сигнали да се забавят за произволно голям интервал време. Това може да позволи създаването на изцяло оптични рутери, което ще разшири възможностите на интернет, да намери приложения при натрупване на оптични данни, в квантовата информация и даже в радарите.

Известно е, че скоростта на светлината намалява при преминаването ѝ във вещество – колкото по голям е показателят на пречупване на веществото, толкова по-малка е скоростта на светлината в него. Известни са вещества с показател на пречупване 5, но стойности над тази са твърде необичайни. Освен това, материалите с толкова голям показател на пречупване се отличават и с голяма отражателна способност, така че не са много подходящи за получаване на бавна светлина.

За да стане ясно как може скоростта на светлината да се намали до няколко метра в секунда и по-малко, трябва да припомним, че когато става дума за вълни, различаваме *фазова скорост* и *групова скорост* (фиг. 1). Показателят на пречупване определя фазовата скорост – скоростта, с която се движат максимумите и минимумите на една **идеална** монохроматична вълна. Такива вълни обаче в природата не съществуват, поради което величината фазова скорост е по-полезна като едно абстрактно понятие, отколкото като мярка за скоростта. От друга страна, групова скорост е скоростта, с която се движи максимумът на един реален “вълнов пакет” – обикновено това е скоростта, с която се пренася и енергията на вълната. В повечето случаи фазовата и груповата скорости са почти равни, но интересните неща настъпват, когато те са различни.



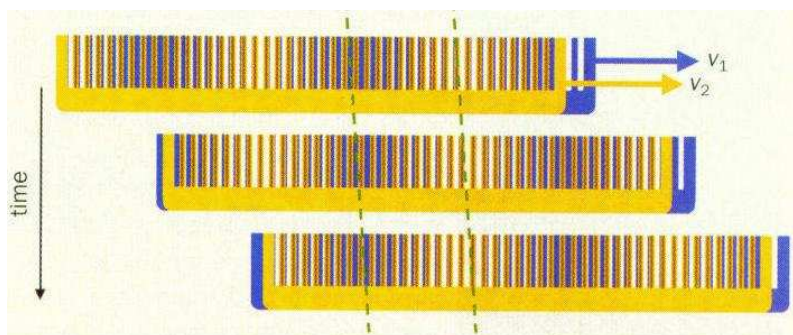
Фиг. 1: Когато в една среда се наслагват две синусови (монохроматични) вълни с близки честоти, от интерференцията им се получава резултантна вълна с характерни минимума и максимуми. Резултатът е такъв, като че ли една вълна с висока носеща честота е модулирана с нискочестотна синусова вълна – това е обвивката на резултантната вълна. Скоростта, с която се движат максимумите на тази обвивка, се нарича *групова скорост*.

Ако в средата няма дисперсия, минимумите и максимумите на резултантната вълна се движат със скоростта, с която се движат максимумите и минимумите на всяка от двете вълни – в този случай фазовата и груповата скорости съвпадат.

В случай на дисперсия груповата скорост, т.е. скоростта на минимумите и максимумите на резултантната вълна, е по-малка от фазовите скорости на наслагващите се вълни.

¹ От статията на М. О Скълзи, Дж. Уелч *Slow, stopped and stored light*, Physics World, 17, Oct., 2004, pp. 31–34.

Груповата и фазовата скорости се различават, когато има дисперсия, т.е. когато фазовата скорост зависи от дължината на вълната. За илюстрация на явлениято си представете какво ще наблюдавате, когато насложите една върху друга две периодични структури – например два гребена (фиг.2). Ако разстоянията между зъбите в гребените се различават малко (различна “дължина на вълната”), ще наблюдавате последователно редуващи се светли и тъмни ивици. Ако движим двата гребена с една и съща скорост (“фазова скорост” – скоростта на всеки зъб на гребен) тези светли и тъмни ивици ще се движат със *същата* скорост. Ако обаче движим гребените със скорости, които се различават малко (т.е. – има дисперсия), например единият гребен е неподвижен, а местим другия, светлите и тъмни ивици се движат със скорост, различна от скоростите на гребените. Тези ивици съответстват на групите от вълни и скоростта на движението им представлява груповата скорост. Когато дисперсията е много голяма, груповата скорост е съществено по-малка от фазовата скорост.



Фиг. 2: Различието между фазова и групова скорост се демонстрира лесно с два гребена, гъстотата на зъбите на които се различава малко. Когато наложим гребените един върху друг, наблюдаваме “интерференчна картина” от светли ивици (в областите, където зъбите са един зад друг) и тъмни ивици (в областите, където зъбите на единия съвпадат със свободните пространства между зъбите на другия). Ако движим гребените с еднакви скорости, светлите и тъмните ивици се местят със същата скорост – “фазовите” скорости на гребените съвпадат, с тях съвпада и “груповата” скорост. Ако обаче скоростите на гребените се различават (т.е. има “дисперсия”), скоростта на светлите и тъмните ивици е различна – “груповата” скорост е по-малка от “фазовата” скорост.

Различните методи за контролирано забавяне на светлината използват различни начини за предизвикване на дисперсия.