

5.3.5 Ohyb světla na překážkách

Předpoklady: 3xxx

Světlo i zvuk jsou vlnění, ale přesto jsou mezi nimi obrovské rozdíly.
Slyšíme i to, co se děje za rohem x Co se děje za rohem nevidíme. Proč?

Vlnění se ohýbá pouze na překážkách srovnatelných s vlnovou délkou.

- vlnová délka zvuku řádově metry stejně jako rozměry dveří \Rightarrow zvuk zatočí
- vlnová délka světla řádově desetiný mikrometru \Rightarrow pokud chceme pozorovat ohyb u světla musíme mít velmi malé překážky o rozměrech nejvýše tisícín milimetru.

Pedagogická poznámka: Pokud chcete následující obrázky promítat ve třídě, musíte zatáhnout a zvýšit jas projektoru, protože obrázky jsou v oblastech za štěrbinou velmi tmavé.

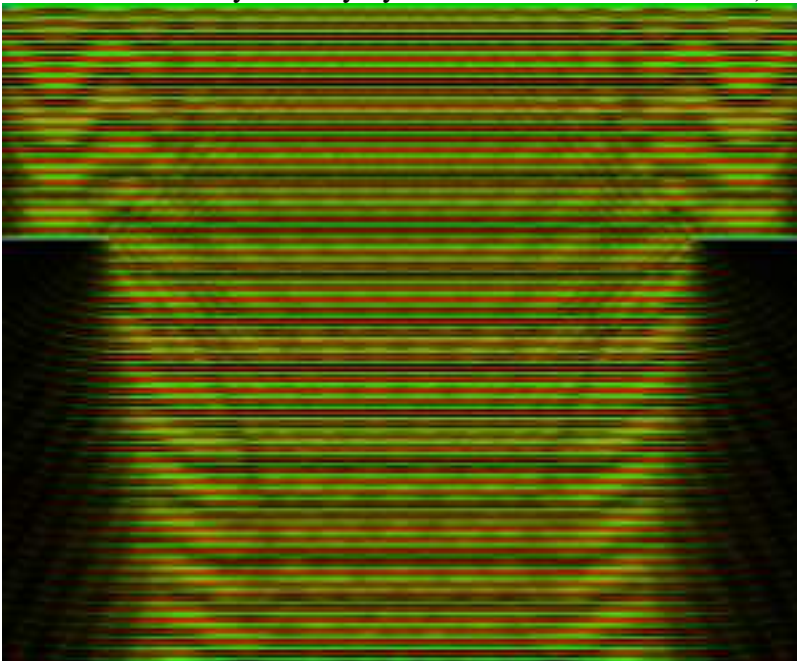
Ohyb na štěrbině

Svítím monochromatickým světlem na stínítko přes štěrbinu.

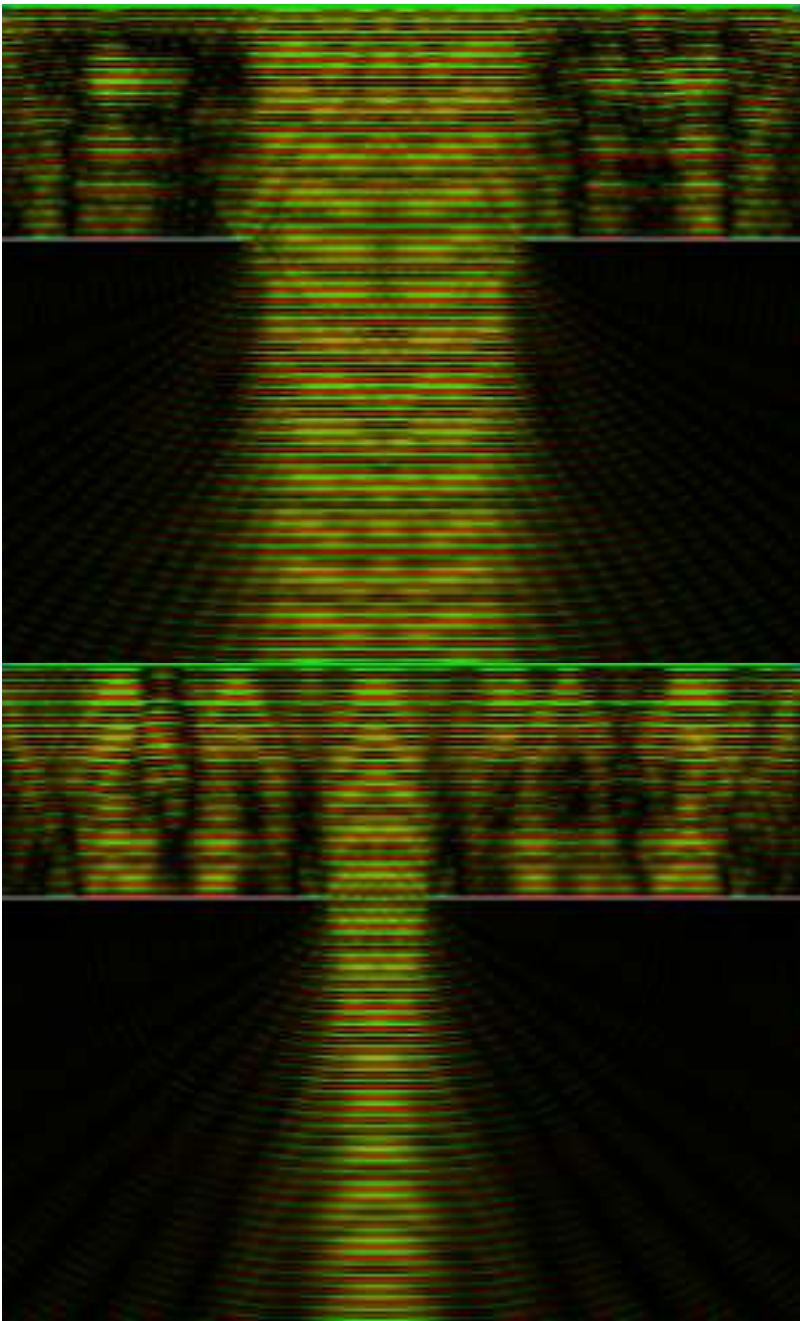
Co se děje?

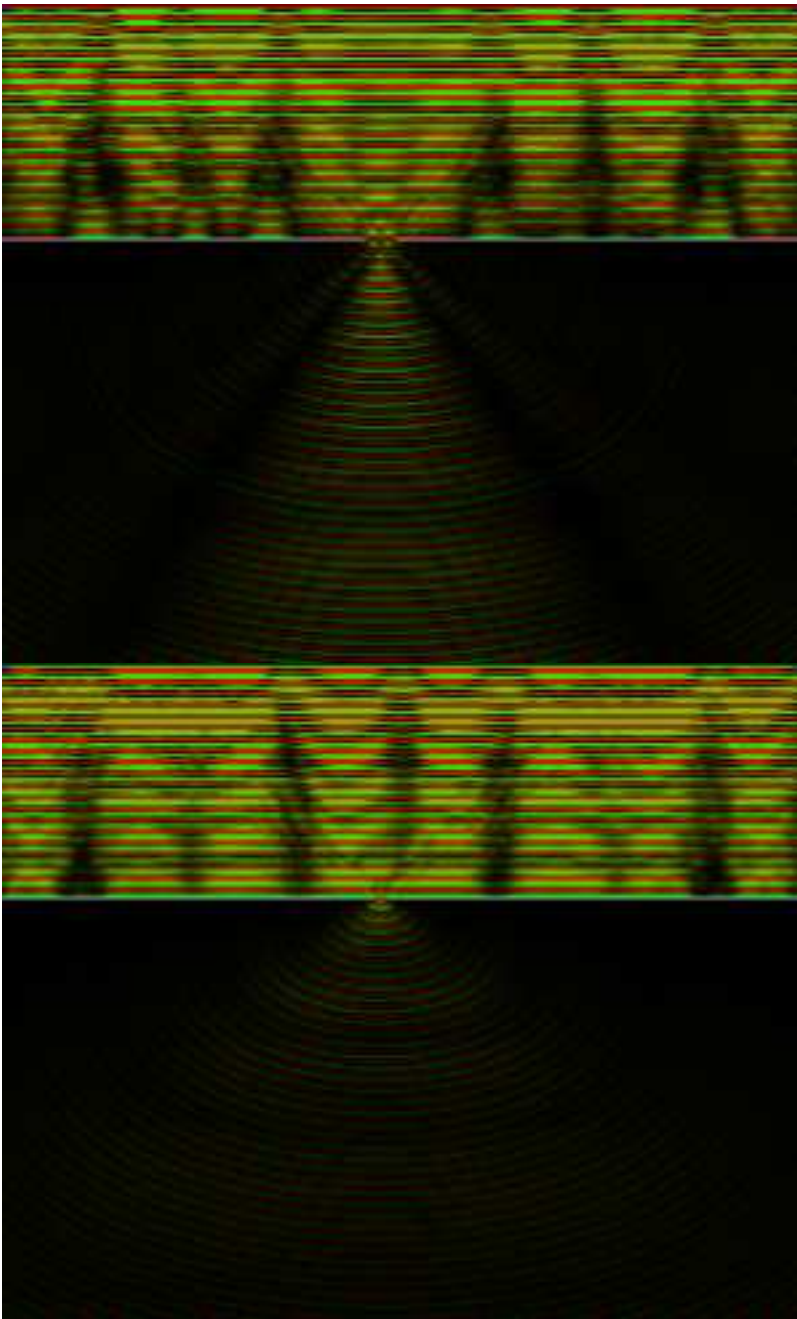
Při štěrbině širší než 1 mm se neděje nic zajímavého, za štěrbinou je světlo a všude kolem je stín.

Pokud se štěrbinu zúží alespoň na 0,05 mm objeví se v oblasti, kde má být stín, světlejší proužky.
(Barvy na následujících obrázcích neznamenají různé barvy světla, ale různé intenzity vektoru elektrické intenzity – laicky výšku vlnek světelného vlnění)



Při zužování štěrbinu se pruh světla za ní rozšiřuje, světlé pruhy ve stínu se rozšiřují a jejich počet se zmenšuje.





Pokud bychom osvětlovali štěrbinu bílým světlem, všechny proužky v oblasti stínu by byly duhové s fialovou barvu nejbližze středu a červenou nejdále. (Červené světlo má největší vlnovou délku, proto se mu štěrbinu zdá nejmenší a nejvíce se na ní ohýbá.)

Ohyb na štěrbině je možné také sledovat pomocí appletu na adrese http://www.walter-fendt.de/ph14cz/singleslit_cz.htm.

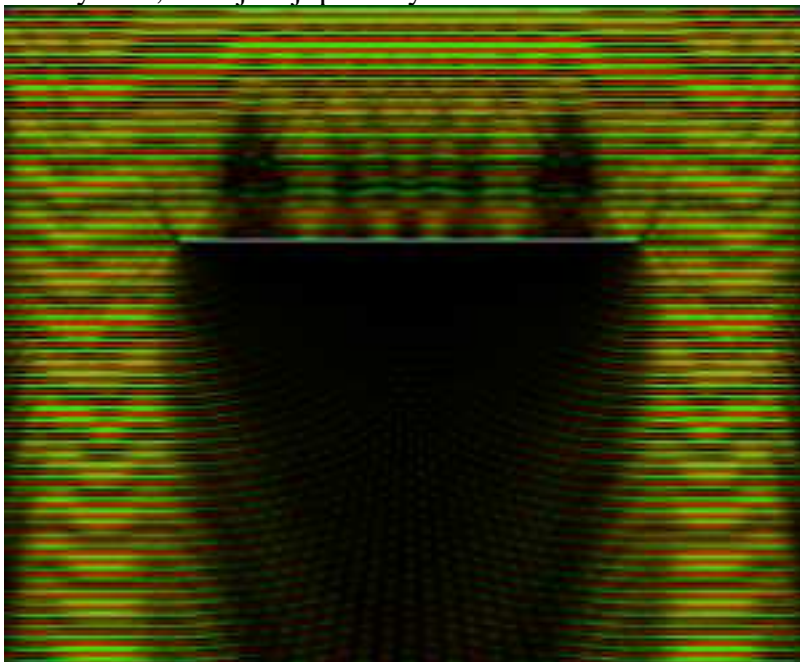
Dodatek: Trochu zavádějící na předchozích obrázcích je, že ani na obrázku s nejširší štěrbinou není ostrá hranice mezi světlem a stínem. Je důležité si uvědomit, že štěrbinu je vzhledem k vlnové délce velmi malá (přibližně 40 vlnových délek), zatímco centimetrová štěrbinu je má velikost 100000 vlnových délek.

Ohyb na překážce

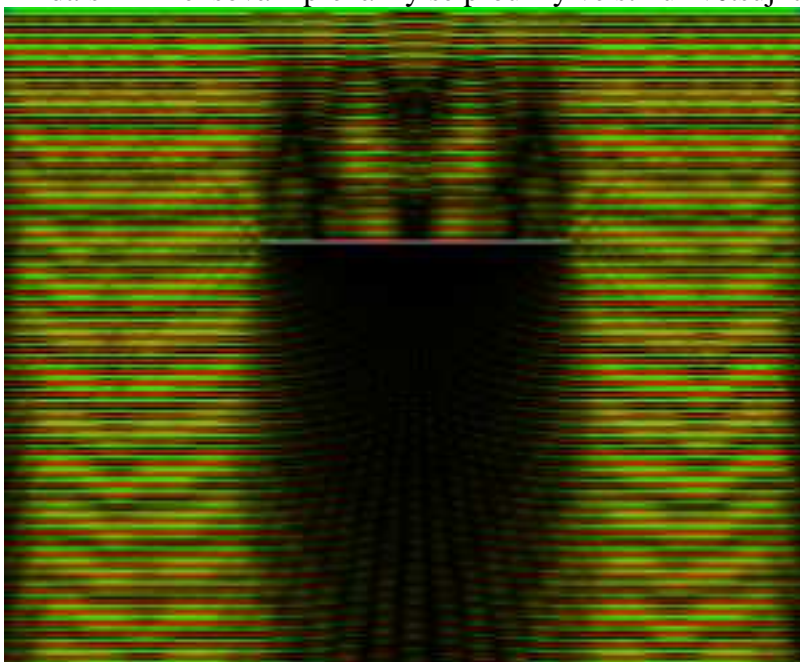
Opak ohybu na štěrbině.

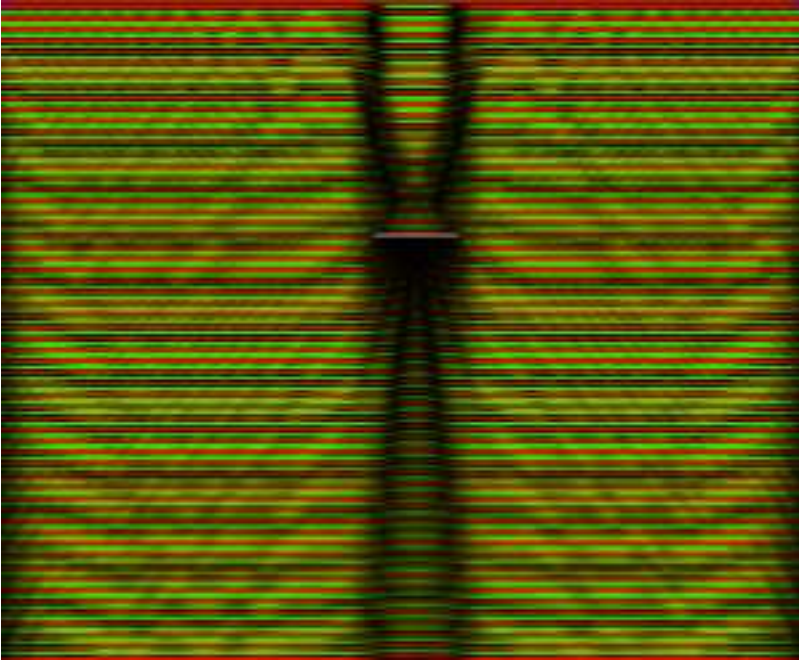
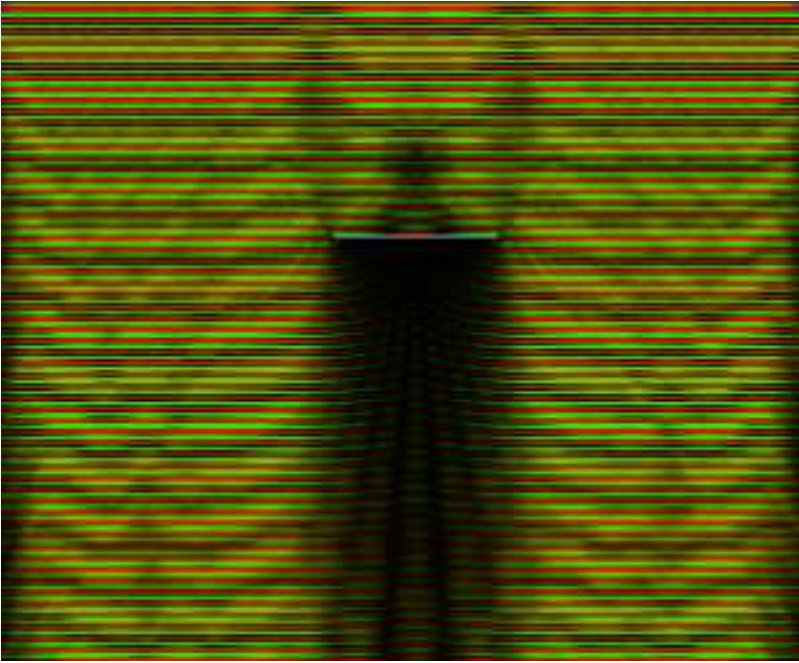
Když je překážka velká 0,1 mm a víc, za překážkou je tma a kolem je světlo.

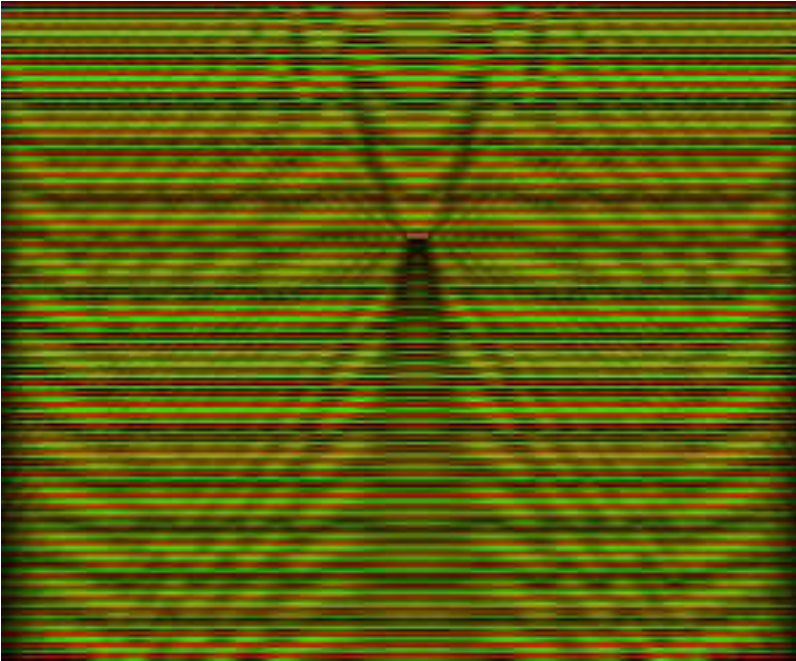
Při zmenšování překážky pod velikost 0,05 mm se rozostřuje hranice *světlo-stín* a v místě, kde by měl být stín, se objevují proužky světla.



Při dalším zmenšování překážky se proužky ve stínu zvětšují a zmenšuje se jejich počet.







Ohyb na překážce můžeme snadno demonstrovat pomocí laserového ukazovátka a lidského vlasu.

Ohyb na kruhovém otvoru

Zobecnění ohybu na štěrbině.

Když je kruhový otvor velký, vidíme kruhové osvětlené místo.

Při zmenšování otvoru se při velikost pod 0,01 mm objevují kolem osvětleného místa další kroužky.



⇒ důsledky pro konstrukci mikroskopů

Když pozorujeme velmi malé předměty, světlo se začne ohýbat tímto způsobem ⇒ světlý bod se zobrazí na kroužek, obklopený soustředným světlými a tmavými kroužky ⇒ bez ohledu na zvětšení mikroskopu uvidíme takto malé detaily rozmazané ⇒ **rozlišovací mez mikroskopu** = nejmenší možná vzdálenost dvou bodů, které vidíme jako oddělené = přibližně polovina vlnové délky použitého světla (při vlnové délce 400 nm nelze pozorovat předmět menší než 200 nm).

⇒ když chceme pozorovat menší předměty, musíme zmenšit vlnovou délku záření, kterým pozorujeme (rentgenové a elektronové mikroskopy).

Dodatek: Přesnější vztahy:

minimální rozlišení mikroskopu: $d = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot f}{D}$ D - průměr vstupní čočky

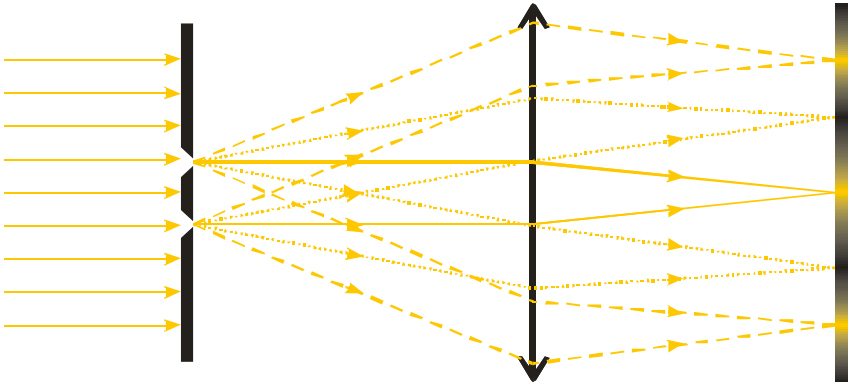
minimální úhlové rozlišení dalekohledu: $\sin \gamma = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D}$ D - průměr objektivu ⇒ proto je nejdůležitějším parametrem dalekohledů průměr primárního zrcadla, které musí být co největší

Pedagogická poznámka: Dvojtěrbina by zřejmě měla následovat po štěrbině, ale na konci hodiny je umístěna schválně jako úvod do další hodiny, ve které je probírána optická mřížka. Pokud

nestihnete tuto látku probrat, začnete s ní příští hodinu.

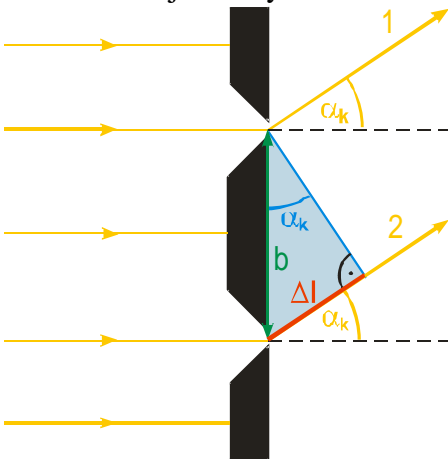
Dvojštěrbina:

dvě velmi úzké štěrby, blízko u sebe
makroskopický pohled:



žluté světlo dopadá na dvojštěrbinu, každá ze štěrbin funguje jako nový zdroj vlnění a vylétají z ní paprsky do různých směrů \Rightarrow do každého směru letí dva rovnoběžné paprsky \Rightarrow pokud tyto paprsky spojíme spojkou (například v našem oku), dvojice rovnoběžných paprsků z obou štěrbin se sejde v jednom bodě stínítka \Rightarrow celé stínítka by mělo být osvětlené, ale na stínítka vzniká typický interferenční obrazec

\Rightarrow pokud dochází k interferenci musí se mezi paprsky ve dvojici objevit dráhový rozdíl, který vzniká ihned u dvojštěrbiny (dál už jsou optické dráhy paprsků ve vzduchu a spoje stejné)
situace u dvojštěrbiny



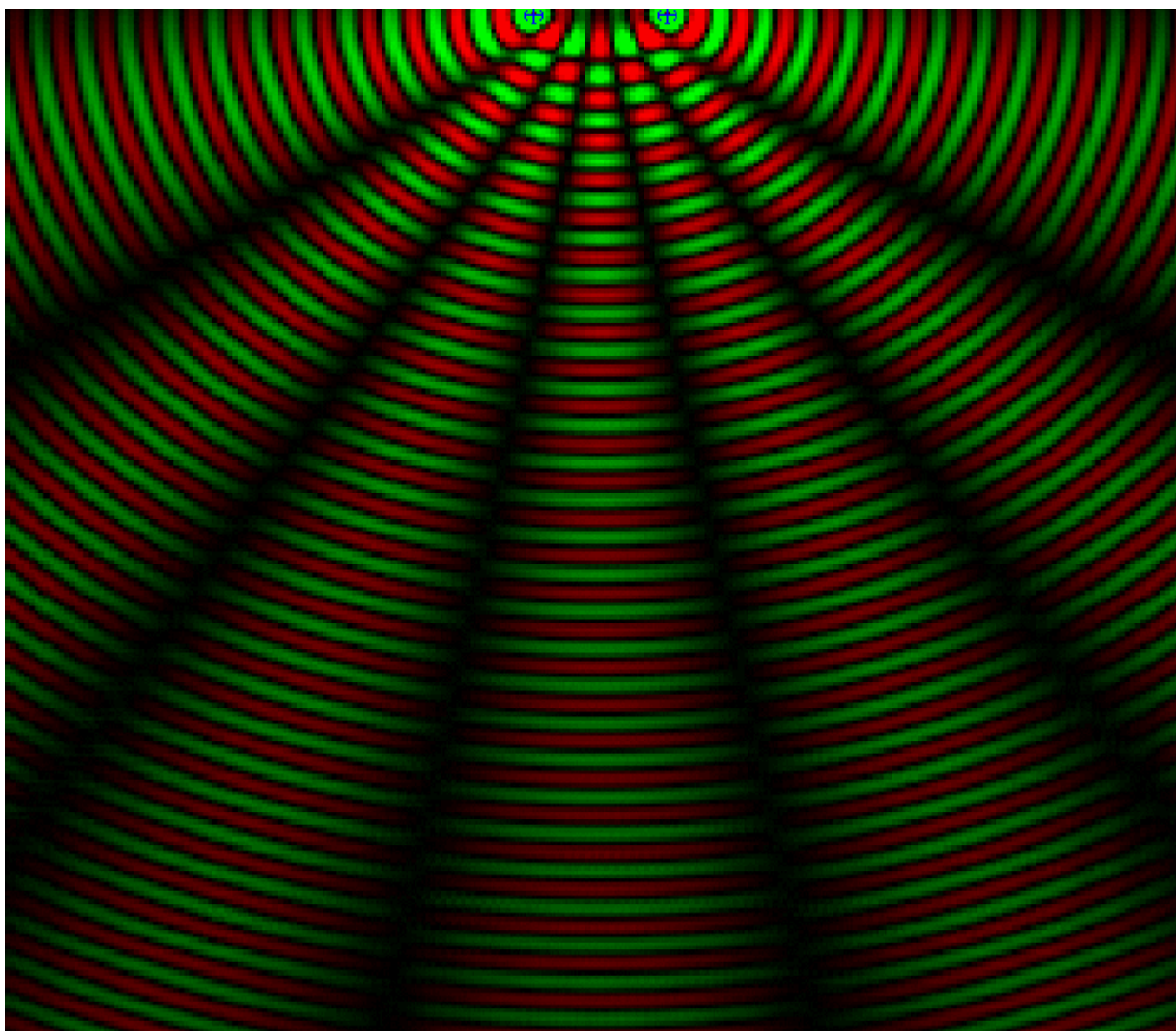
Sledujeme dvojici paprsků 1 a 2 letících pod stejným úhlem α_k : dráhový rozdíl mezi paprsky můžeme určit z modrého trojúhelníku:

$$\sin \alpha_k = \frac{\Delta l}{b} \quad \Rightarrow \quad b \sin \alpha_k = \Delta l$$

dráhový rozdíl se musí rovnat sudému počtu půlvln: $b \sin \alpha_k = \Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}$

$$b \sin \alpha_k = k \lambda$$

Dodatek: Kvalitativně si můžeme ukázat funkci dvojštěrbiny pomocí appletu se dvěma zdroji vlnění. Maxima a minima samozřejmě vznikají i bez průchodu paprsků spojkou, stejně jako interferenční minima vznikají při skladání vlnění ze dvou zdrojů na hladině vody.



Shrnutí: Při průchodu přes překážky srovnatelné se svou vlnovou délkou se světlo ohýbá podobně zvuku za normálních okolností.