

Meno a priezvisko:

Škola:

Školský rok/blok:

Predmet:

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium

/

Fyzika

Laboratórne cvičenie
Fermatov princíp, fatamorgána
Optika

Je fatamorgána – halucinácia alebo optická ilúzia ?

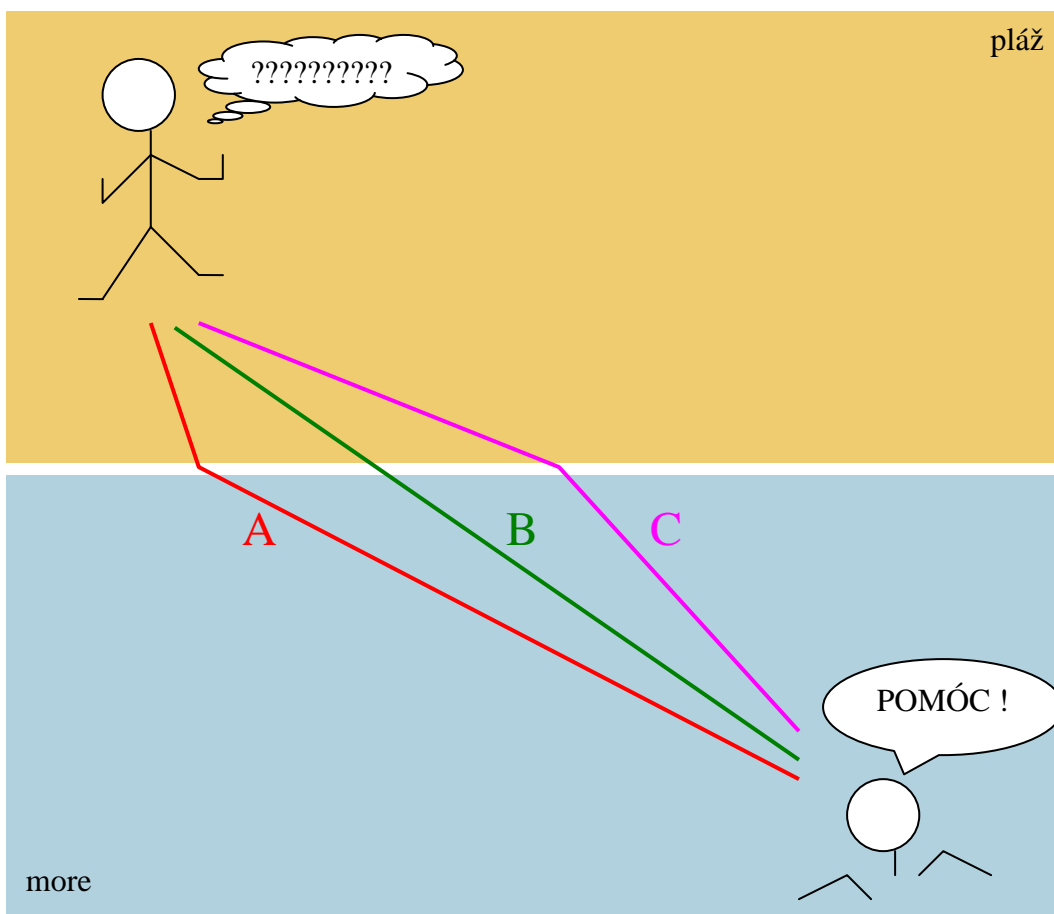
Je horúci letný deň, slnko pripeká ako odušu. Si na púšti a snívaš o osviežujúcom dúšku vody. Máš za sebou už dlhú, namáhavú cestu a nevládzeš pokračovať. Zrazu v diaľke zbadáš vodnú hladinu. Hurá! Pozbieraš všetky zvyšné sily a pridáš do kroku. Po pár metroch však vytúžená voda zmizne.

Takýto alebo podobný príklad fatamorgány je pomerne známy. Hovorí sa, že ju zažívajú ľudia po tom, ako boli dlho vystavení horúcemu počasiu a nemali dostatok vody. V tomto článku sa dozviete, čo fatamorgána je a čo sa u takých ľudí odohráva v hlave. Zistíte, či ide iba o halucináciu – výplod fantázie vyčerpaného človeka, alebo či tento jav spôsobuje niečo iné. Tiež sa dočítate, za akých podmienok ju môžete zažiť.



Fermatov princíp najmenšieho času

Aby sme pochopili, ako funguje fatamorgána, najprv sa oboznámime s jedným z najvýznamnejších a zároveň najkrajších fyzikálnych zákonov – s Fermatovým princípom najmenšieho času. Vďaka tomuto princípu vieme predpovedať, aká bude celá trajektória svetelného lúča, ak poznáme iba jej počiatočný a koncový bod. Fermatov princíp totiž hovorí, že svetlo sa vždy „rozhodne“ pre takú dráhu, po ktorej sa do koncového bodu dostane za najkratší možný čas. Predstavte si, že nejaký lúč prechádza cez body A a B. Ak sa pozriete, po akej trajektórii sa pohybuje, zistíte, že po ľubovoľnej inej trajektórii by mu cesta do bodu B trvala dlhšie. Inak povedané, ľubovoľnou zmenou trajektórie svetla by čas iba narástol.



Najjednoduchším príkladom takejto trajektórie je úsečka, najkratšia spojnica bodov A a B. Túto trajektóriu si svetlo zvolí, keď má vo všetkých miestach rovnakú rýchlosť šírenia (ak je optická hustota prostredia všade rovnaká). Najkratšia vzdialenosť vedie k najkratšiemu času.

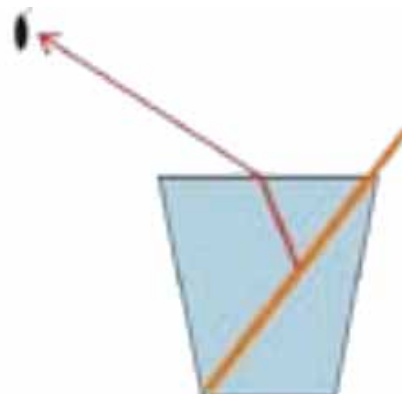
Čo sa deje, keď svetlo prechádza cez prostredia s rôznymi optickými hustotami? Najprv rozoberieme najjednoduchší prípad: dve prostredia s rôznymi optickými hustotami, ktorých rozhranie je rovina. Skúsme si problém ilustrovať na príklade.

Predstavte si, že sa v mori začalo topiť pekné dievča. Na pláži je plavčík, ktorému sa dievča páči. Preto sa rozhodne zachrániť ho čo najskôr. Plavčík vie bežať rýchlejšie ako plávať. Ktorú z nasledujúcich ciest by si mal vybrať, aby sa k dievčaťu dostal čo najrýchlejšie?

Priamka nebude v tomto prípade najlepšou voľbou, pretože je výhodnejšie trochu si „nadbehnúť“ po pláži a potom menej plávať. Takto plavčík síce strávi viac času behaním, no viac ho ušetrí pri plávaní. Preto by sa mal rozhodnúť pre možnosť C.

Svetlo takto funguje vždy – akoby sa samo rozhodovalo, čo je najrýchlejšou cestou z jedného bodu do druhého.

Dôsledky Fermatovho princípu najmenšieho času sa dajú pozorovať každý deň. Keď sa pozeráme na slamku vo vode, zdá sa nám, že je ohnutá. Keď ju však vyberieme von z vody, slamka je úplne rovná. Svetlo (konkrétne svetelný lúč idúci z nejakého miesta na slamku pod vodou do nášho oka) sa vo vode šíri pomalšie ako vo vzduchu. Preto, podobne ako plavčík, sa „rozhodne“ vo vode prejsť kratšiu vzdialenosť a vo vzduchu to dobehnúť.



To spôsobuje lámanie lúča na rozhraní vody a vzduchu, ktorého dôsledkom je náš pocit, že slamka je ohnutá.

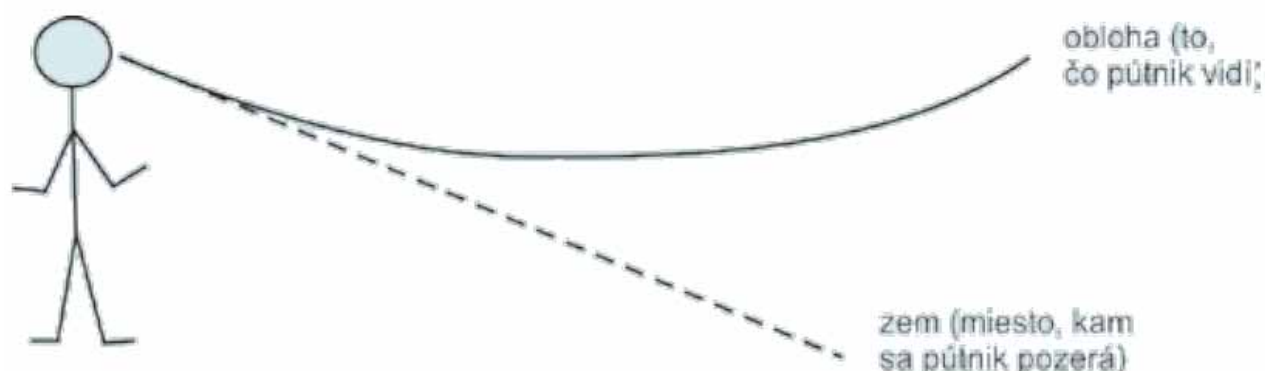
Ako funguje fatamorgána

Fatamorgána sa často vyskytuje počas extrémne horúcich dní. Páliace slnko vtedy zohrieva piesok, prípadne cestu, na pomerne vysoké teploty a od piesku sa zohrievajú vrstvy vzduchu nad ním. Vzduch v dvojmetrovej výške je však oveľa chladnejší. Optická hustota vzduchu závisí od jeho teploty, v tomto prípade sa teda mení s výškou. **S rastúcou výškou teplota klesá a optická hustota rastie.** Preto trajektóriu svetelného lúča nebude priamka.

Po akej dráhe sa bude lúč pohybovať? Predpokladajme, že vzduch môžeme rozdeliť na rovnobežné vrstvy, v rámci ktorých je teplota konštantná. Čím je vrstva ďalej od zeme, tým je chladnejšia a má vyššiu optickú hustotu. Svetlo si teda bude skracovať cestu pri prechode vyššie položenými vrstvami a prejde väčšiu vzdialenosť pri prechode spodnými vrstvami vzduchu. Výsledná trajektória lúča bude teda vyzeráť nejak takto:



Na záver si stačí uvedomiť, ako vlastne určujeme polohu predmetov, ktoré vidíme. Informáciu o polohe predmetu nám dáva smer, ktorý má lúč pri dopade na sietnicu. Mozog potom polohu predmetu určí pomocou predpokladu, že svetlo sa šíri priamočiarno. To je väčšinou veľmi rozumný predpoklad, v našom prípade však zlyháva. Lúč, ktorý ide po trajektórii znázornenej na obrázku, „nesie“ obraz oblohy, ale pozorovateľovi sa zdá, že prichádza zo zeme. Keďže vodná hladina odráža oblohu, optická ilúzia spôsobená fatamorgánou sa dá veľmi ľahko popliesť s odrazom oblohy od vodnej hladiny.



Fatamorgána teda nie je halucinácia. Ide o optickú ilúziu a na to, aby sme ju mohli pozorovať, nepotrebujeme byť vyčerpaní ani smädní. Dá sa dokonca pozorovať aj v laboratóriu, ak vytvoríme potrebné podmienky. Stále však zostáva pravdou, že ak sa pútnik na púšti zúfalo snaží nájsť niečo na pitie, môže byť pre neho oveľa väčším pokušením uveriť, že to, čo vidí, je voda.