

Pokusy s CD

Polák Zdeněk,

Jiráskovo gymnázium, Náchod

Je CD vhodné záznamové médium? No psát na to jde, ale do psacího stroje jde hrozně blbě. Pokud chcete na něj něco napsat, tak jediné lihovým fixem. Poznámek rukou se na něj ale moc nevejde. Přesto je to krásný kousek materiálu. Přímě láká k bližšímu zkoumání. Cédéčka jsou všude, každý se s nimi setkal. Co o nich víme? Literatura a webovské stránky některé parametry uvádějí. Ne všemu se však dá věřit. Nejlépe je změřit si, co se dá.

Výrobce uvádí : Průměr disku : 12 cm
 Průměr otvoru : 15 mm
 Hmotnost : 18 g

Několik základních vlastností 15 náhodně vybraných CD disků:

	typ	D (mm)	d (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	m (g)	ρ(kg/m ³)
1	Verbatim CD-R lak	120,0	15,1	1,16	1,17	15,4	1188
2	Verbatim CD-R lak	120,0	15,0	1,14	1,15	15,1	1185
3	Verbatim CD-R lak	120,0	15,0	1,14	1,16	15,2	1187
4	Verbatim CD-R lak	120,0	15,0	1,15	1,17	15,3	1185
5	lisované, barva	120,2	15,1	1,12	1,13	15,0	1194
6	lisované, barva	120,2	15,0	1,11	1,12	14,9	1196
7	lisované, barva	120,2	15,0	1,16	1,18	15,6	1194
8	Samsung CD-R bar.	120,0	15,1	1,21	1,21	16,1	1195
9	Samsung CD-R bar.	120,0	15,1	1,20	1,20	15,9	1190
10	Verbatim CD-R bar	120,0	15,1	1,23	1,25	16,5	1195
11	lisované, barva	120,0	15,0	1,10	1,12	14,8	1198
12	CD-RW	120,0	15,0	1,22	1,23	16,2	1188
13	lisov. CD-DA bar.	119,9	14,9	1,18	1,22	15,9	1192
14	lisované, barva	119,9	15,0	1,11	1,14	14,8	1184
15	lis malé	80,1	15,0	1,12	1,12	6,5	1194

D - vnější průměr
 d - průměr otvoru
 h₁ - nejmenší naměřená tloušťka disku
 h₂ - největší naměřená tloušťka disku
 m - hmotnost disku v gramech
 ρ - hustota v kg/m³

Průměr disku i otvoru byl měřen vždy třikrát a nebyly nikdy zjištěny měřitelné odchylky. Disk je dostatečně kruhový. Tloušťka měřena třikrát na obvodu a třikrát cca 3 cm od kraje. Zaznamenány nejmenší a největší hodnoty. U krajů byla většinou naměřena větší hodnota.

Z naměřených hodnot vyplývá, že výrobci uváděné rozměry souhlasí. CD jsou však lehčí. Nezávisí na tom, zda jde o lisované CD, nebo CD-R či CD-RW. Všechny se shodují v hustotě která je cca 1190 kg/m³.

Po seznámení s diskem napadne každého spousta námětů na experimenty.

Určování hustoty

a) Určíme rozměry a hmotnost, hustotu vypočteme. Viz předchozí tabulka. Vhodný námět pro experimentální činnost žáků.

b) Zavěsíme CD na siloměr do 0,2 N . Určíme jeho tíhu na vzduchu F_1 a ve vodě F_2 .

Hustota $\rho = \rho_v \frac{F_1}{F_1 - F_2}$, kde ρ_v je hustota vody.

c) Plaváním v kapalině. To je obzvlášť efektní. Připravíme si dva roztoky s hustotami okolo 1175 kg/m³ a 1205 kg/m³. Nastříháme CD na kousky, vložíme do roztoků, zbavíme bublinek a popíšeme jejich chování. V roztoku s nižší hodnotou klesne ke dnu, v druhém plave na hladině. Do další nádoby necháme žáky namíchat z obou roztoků takový, ve kterém se kousek CD vznáší. Jsou překvapeni, že rovnováha je velmi nestabilní a namíchat správný roztok není jednoduché. Nakonec určíme hustotu roztoku hustoměrem nebo Mohrovými vážkami.

Lze použít jakýkoli neagresivní roztok. Nejvhodnější se mi jeví glycerin s maximální hustotou 1260 kg/m³ , nebo obyčejný cukr. Hustota nasyceného roztoku sacharózy je cca 1350 kg/m³. Pro roztoky uvedené hustoty navážíme cca 207 g respektive 230 g a doplníme na 500 g destilovanou vodou. Hustoty jsou orientační, velmi závisí na teplotě !

Určení čísla π

Na obvod CD nakreslíme tenkým lihovým fixem čárku. Připravíme si dostatečně dlouhý pás papíru. Na papír nakreslíme po celé délce čáru a kousek od kraje označíme začátek úsečky. CD navlékneme na prst, přiložíme čárkou k začátku úsečky a odvalujeme. Až je čárka opět v nejnižší poloze, označíme na čáře konec úsečky. Změříme délku úsečky a vydělíme průměrem CD. Můžeme využít více otočení. Údaje od jednotlivých žáků zpracujeme jednoduchou statistikou.

Určení momentu setrvačnosti

Moment setrvačnosti je veličina, která se probírá spíše okrajově v prvním ročníku SŠ. Přesto se bez ní neobejdeme, když chceme pochopit chování rotujícího tělesa. Podle schopností studentů můžeme zvolit řadu postupů.

a) Výpočtem z naměřených rozměrů a hmotnosti, odvodit vztah : $J = \frac{m}{8}(D^2 + d^2)$.

b) Ze zrychlení při kutálení CD po nakloněné rovině. Spojíme dvě CD krátkou trubičkou a umístíme na nakloněnou rovinu s velmi malým sklonem. Označíme-li výšku nakloněné roviny h , délku l a dobu po kterou CD sjíždí z nakloněné roviny t , pak moment setrvačnosti určíme z odvozeného vztahu $J = \frac{mD^2}{4} \left(\frac{gh t^2}{2l^2} - 1 \right)$, kde m je poloviční hmotnost dvojice CD.

c) Z doby kmitu CD. Do disku vyvrtáme řadu otvorů o malém průměru po 0,5 cm od 10 do 55 mm od středu. Připravíme si jednoduchý stojan s tenkou osičkou. Nejlépe poslouží dřevěná tyčka se zabodnutou jehlou, nebo ocelovým špendlíkem bez hlavičky. CD navlékneme na osu a necháme kývat. Naměříme závislost doby kmitu na vzdálenosti osy otáčení od středu CD.

Odvodíme vzorec a větší množství naměřených hodnot zpracujeme nejlépe v Excelu :

$J = m \times \left(\frac{gT^2}{4\pi^2} - x \right)$, kde x je vzdálenost osy otáčení od středu CD. Sama závislost doby kmitu na poloze osy otáčení je velmi zajímavá a vhodná pro zkoumání jako neznámá závislost.

Je samozřejmě více způsobů, jak moment setrvačnosti určit. Jeho průměrná hodnota pro CD 3.10⁻⁵ kg.m² mnoho nikomu neřekne. Spíše je třeba upozornit na energii CD při chodu mechaniky a změny energie při roztáčení a brždění disku. Např. při zahájení čtení na vnitřní stopě při rychlosti 12x má disk cca 108 ot/s a energii 7 J, která by jej vymrštila do výšky přes 45m.

Setrvačnick z CD

a) Z silné fixy odřízneme asi 4 cm kousek s hrotem. Hrot vyjmeme a otvor provrtáme vrtákem o průměru 5 – 6 mm. Tyčku stejného průměru zahrotíme a protáhneme otvorem. Hodí se v železářství běžně prodávaná tyčle.

b) Setrvačnick na ložisku. Potřebujeme ložisko z harddisku, trubičkové víčko ze silné fixy a kousek umělohmotné tyčky. Dá se použít i zbytek z vhodné propisovačky. Z víčka odřízneme asi 2 cm dlouhou trubičku. Ložisko našroubujeme na tyčku, vtlačíme do trubičky z víčka a navrch natlačíme několik CD. Pak stačí namotat asi metr nitě na trubičku těsně u CD a zatáhnutím roztočit. Můžeme snadno předvádět účinky gyroskopického momentu sil.

Maxwellovo kyvadlo

Navlékneme několik (2 – 10) CD na umělohmotnou trubku. Asi 5 mm od konce provrtáme malým vrtáčkem a provlékneme dva tenké provázky o délce cca 0,5 m. Zavěsíme na vodorovný držák a namotáme závěsy. Pak stačí jen disk spustit. Můžeme vyrobit více kyvadel s různým průměrem střední tyčky a porovnávat zrychlení jednotlivých kyvadel.

Momentový kotouč s magnety

Použijeme setrvačnick s ložiskem na kterém bude jen jedno CD. Na něj máme nakreslenou souřadnicovou síť. Do vhodných bodů sítě umístíme magnety jako závaží a ukazujeme různé možnosti rovnováhy momentů sil. Výhodou proti páce je umístování závaží v bodech, jejichž spojnice neprochází středem otáčení.

Tuhost CD a energie pružnosti CD

Připravíme si několik sololitových destiček. Na CD nakreslíme několik rovnoběžných čar. Tak asi 1 cm od sebe. CD sevřeme tak, aby dvě destičky byly pod a dvě nad CD. Disk zasouváme vždy k nakreslené čáře a volný konec ohneme k desce stolu. Výchylka je vždy stejná, síla roste se zkracující se volnou částí CD. Mění se tuhost pružné soustavy. Pak CD zasuneme do poloviny mezi destičky. Na konec položíme kousek školní gumy na gumování a necháme vymrštit. Necháme žáky popsat, jak se mění výška, do které lze vymrštit gumu, když CD dělí od stolu 1,2,3,4 destičky. Ukážeme, že výška výstupu roste rychleji než počet destiček. Energie pružnosti není úměrná výchylce, ale druhé mocnině výchylky. Diskutujeme o vykonané práci, přeměnách energie a jejím předávání mezi tělesy .

Plovoucí CD a magnetka

V pokusu s hustotou jsme ukázali, že CD se ve vodě potopí. Když jej ale položíme na klidnou hladinu, zůstane plavat. Povrchové napětí jej v pohodě udrží. A vydrží i další zátěž. Například dva magnety z hlavičky CD ROM. A z lodičky máme magnetku. Na hladině vody se natočí tak, že orientace položených magnetů souhlasí se směrem magnetického pole Země.

Jehlové ložisko

Doprostřed CD vlepíme destičku s patentkou uprostřed. Položíme na hrot špendlíku v podstavci jako pro magnetku a roztočíme. Žáky velmi udiví, jak dlouho se disk točí.

Kondenzátor z CD

Na CD přilepíme oboustrannou lepicí páskou alobal. Ke středu přilepíme tavnou pistolí kousek novodurové trubky se zdírkou. Alobal spojíme drátkem se zdírkou. Druhé CD polepíme stejným způsobem. Provrtáme dvěma malými otvory, kterými protáhneme tenké měděné lanko jako kontakt. Dielektrikem může být další CD, nebo lépe, folie na

meotar. Připojeným měřičem kapacit můžeme ukázat změnu kapacity při oddalování desek a všechny pokusy prováděné s deskovým kondenzátorem.

CD jako vodič elektrického proudu

Všechny typy CD ať lisované či vypalované mají tenkou vrstvu kovu s vysokou odrazivostí chráněnou z jedné strany plastem nosiče a z druhé ochrannou vrstvou laku a barvy. Jde o sendvič z organických izolantů plněný kovem. Podle typu CD je to hliník, zlato nebo stříbro. Vezmeme ohmmetr s vývody zakončenými krokodýlky. Jestliže se jimi dotýkáme jen povrchu, odpor je neměřitelně velký. Krokodýlky se zakousneme do vrstvy laku. Hroty proniknou až k vodivé vrstvě a odpor klesne na ohmy.

Existenci vodivé vrstvy můžeme prokázat i jinými postupy. Už jste někdy dali do mikrovlnky hrníček se zlatou proužkou? A viděli jste „co to udělá? Ne? A nechce se Vám ničít servis po babičce? Tak jestli máte dost CD a nebojíte se o svou mikrovlnou troubu, můžete realizovat také zajímavý pokus. Dáte CD do mikrovlnky na podstavec ze skleničky a zapnete tak na 2 s. V tenké vodivé vrstvě disku se indukují značné vířivé proudy. Dojde k jejímu zahřátí a k rozrušení v mnoha místech. Zbylé plošky vodivé vrstvy vytvoří zajímavé obrazce. Nevím, jak moc se to mikrovlnce líbí a zajímalo by mne, co by tomu říkal výrobce.

Vlnová optika na CD

CD je mimořádně zajímavé optické médium. Zveřejňované experimenty se obvykle týkají především interference na odrazné mřížce. Tak například si můžeme vytvořit duhu.

Pro tento experiment potřebujeme dostatečně výkonný zdroj světla. Použijeme buď přímé sluneční světlo nebo diaprojektor. V prvním případě zatěmíme učebnu až na jedno okno. CD disk vložíme do stojanu, nebo prostě držíme v ruce, na kraji svazku paprsků přicházejících z okna tak, aby na stěně vzniklo jasné "prasátko" vytvořené přímým odrazem světla. Kolem něj se vytvoří dvě soustředné duhy. Pokus je to rychlý, snadný, ale duhy jsou málo jasné.

Lepší je provést rozklad světla z diaprojektoru. Diaprojektor postavíme na lavici asi 50 až 60 cm od bílého rozměrného stínítka (bílá zdi, nebo promítacího plátna 2 x 2 m). Do diaprojektoru vložíme prázdný rámeček od diapozitivu a podložíme ho, aby proud světla směřoval do učebny, šikmo vzhůru. Do svazku paprsků umístíme na stojanu CD disk ve svislé poloze. Pokud si nevyrobíme speciální držák, přicvakneme jej k železné tyči magnetem.

Na stěně se vytvoří obraz dvou soustředných duh. Jde o maxima prvního řádu. Prokážeme to zakrytím poloviny CD.

CD ale nemusí sloužit jen jako odrazná mřížka. Výrobce totiž do plastu CD lisuje vodící drážku jako na gramofonovou desku. Jestliže ale získáte plastový kotouček CD bez kovové vrstvy, můžete si udělat řadu zajímavých experimentů jako s klasickou mřížkou na průchod. Nejsnazší je získat takové CD od distributorů a kupujících. CD k vypalování jsou balena po padesáti a na krajích balíku jako ochranné kotoučky jsou právě takové disky jen z plastu.

Udělejme jiný zajímavý pokus. Sledujme intenzitu odraženého laserového paprsku v závislosti na orientaci laseru a úhlu dopadu na plastový povrch CD. Lépe je tento pokus nejprve provést na krabičce od CD a pak na vlastním disku. Při odrazu světla od CD je maximum nultého řádu, které sledujeme, doprovázeno interferenčními maximy dalších řádů, které jen ruší. Ukážeme, že světlo laseru je částečně polarizované

Změříme-li, pro jaký úhel dopadu dojde k minimu odraženého polarizovaného světla laseru, můžeme určit index lomu CD ze vztahu pro Brewsterův úhel $n = \tan \alpha$.

Experimenty s mechanikou CD

Co skrývá CD-ROM ?

Mechanika CD-ROM je pro fyzika doslova ostrovem pokladů. Ten necelé kilo vážící kousek v sobě obsahuje řadu zajímavých věcí. Co se skrývá uvnitř vřaku CD-ROM ? Protože jednotlivé mechaniky se mohou od sebe velice lišit, berte následující výčet součástí jako orientační.

1) Rozložitelná plechová skříňka.

2) Motorek s magnetickým držákem na CD v sympatickém rámečku. Ideální na roztáčení čehokoliv. Když máte štěstí, je to stejnosměrný motorek na 5V. Poznáte ho snadno, má pouze dva vývody na spodní straně. Jinak získáte třífázový synchronní motorek k jehož roztočení potřebujete složitou elektroniku. Ten má obvykle více vývodů od 8 výš. V tom případě ale získáte silný magnet z držáčku CD a tři Hallovy lineární čidla pokud motorek vykucháte.

3) Dva stejnosměrné motorky na 5V.

4) Jednu nebo dvě plastové čočky z optiky CD. Průměr 3-4 mm. Ohnisková vzdálenost se pohybuje od cca 3 mm do 15 mm podle toho, zda v zaostřovacím systému je jedna nebo více čoček.

5) Odrazná sklička nebo hranoly s tenkou povrchovou interferenční vrstvou.

6) Vynikající neodymové průřevé magnetky ze zaostřovacího systému optiky CD. Milimetrové rozměry, hmotnost od 0,2 g do 1 g .

Spřažené mechaniky CD

Z mechaniky vybereme mechaniku s lůžkem na CD. Spojíme dvě mechaniky dvou vodičovým vedením. Jestliže pohybujeme lůžkem, roztáčíme motorek uvnitř, ten vyrábí proud. Proud pohání motorek ve druhé mechanice a ta se pohybuje. Příklad přeměny práce a energie.

Stejným způsobem můžeme propojit části mechaniky, která ovládá čtecí hlavičku, nebo kombinovat oba typy mechanik.

Registrace malých proudů

Motorek mechaniky CD se točí již při napětí okolo 0,6 V a proudu 20 mA ! Hodí se proto k demonstraci existence napětí na fotočláncích, galvanických člancích nebo při elmag. indukci.

Skládání barev na rotujícím disku

Rámeček s motorkem na jehož hřídeli je magnetický držák na CD připevníme na prkénko. Z papíru vystříhneme kotouče o stejných rozměrech jako CD a vytvoříme na nich barevné plochy. Papírový kotouč přicvakneme magnetickým držákem k motorku spolu s CD. Připojíme na napětí 3-9 V. Krátkodobé přetížení motorek vydrží.

Motor – generátor z motorků CD

Na prkénko připevníme dva motorky se spojenou hřídelí. Jeden slouží jako motor, druhý jako generátor. Ke generátoru připojíme žárovku s co nejmenším proudovým odběrem.

Stroboskop z CD

Z Cd vyřízneme symetricky dva segmenty. Upevníme do přípravku na skládání barev a můžeme přímo přes rotující CD pozorovat periodický děj. Nebo můžeme nechat přes CD procházet světlo z projektoru a jím nějaký děj osvětlovat.

Větrák z CD

CD nakrojíme v délce 4 cm od kraje ke středu na 16 místech. V proudu teplého vzduchu vymodelujeme tvar jednotlivých lopatek a v proudu studeného vzduchu necháme ztuhnout. Teplý vzduch vyrobíme buď horkovzdušnou pistolí nebo kahanem, studený větráčkem.

Keplerův dalekohled

Čočku ze zaostřovacího systému laseru vlepíme do otvoru ve středu krabičky od filmu. Do korkové zátky od šampaňského vyvrtáme otvor a vložíme objektiv z vyřazeného fotoaparátu. Zátku zasuneme do krabičky a posouváním zaostřujeme. Obraz je převrácený.

Pád magnetu

Velmi efektní je nechat padat neodymové magnetky z čtecí hlavičky CD-ROM měděnou trubkou. Potřebujeme několik takových magnetků. Jejich spojením vznikne kvádříček milimetrových rozměrů. U topenářů si obstaráme měděnou trubku o vnitřním průměru jen asi o 1 mm větším než je úhlopříčka podstav kvádrů z magnetků. Pak si připravíme podobný z feritového permanentního magnetu.

Svislou trubkou necháme propadnout kovový hranolek. Pád je velmi rychlý. Pak necháme propadnout feritek. Pád je pomalejší. Nakonec necháme padat neodým. Pád 70 cm dlouhou trubkou je delší než 15 s!

Pár www adres na závěr, kde najdete něco o CD a něco navíc.

www.stud.fee.vutbr.cz/~xnedve01

www.ped.muni.cz/wphy/NEDVED/cd1.htm

www.cdr.cz

www.cdr.cz/cojeco/vyroba_cdr.html

www.cdr.cz/cojeco/CDR.htm

www.cdr.cz/cojeco/rychlost_otaceni.html

www.cdr.cz/cojeco/overburning.html

www.cdr.cz/cojeco/CDRW.htm

www.cdr.cz/cojeco/barviva.html

www.diskus.cz/cz/tipy/tipy.htm

www.diskus.cz/cz/tipy/porovnaní.htm

www.stereovideo.cz/9912/top.html

lide.pruvodce.cz/cherry/Cdrom.htm

www.pvtnet.cz/www/gramofonove/Cz/TC/TP_-_CD_Potisk.htm

www.pvtnet.cz/www/gramofonove/Cz/TC/TP_-_GD.htm

<http://fyzika.gymnachod.cz>