Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Brian Weiner
Druhý pohybový zákon

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 72 (1947), No. 4, D11--D13

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/122798

Interval	$b:a$	a/cm	b/cm
oktáva.........	2 : 1	33,33	66,67
kvinta	3 : 2	40	60
kvarta.........	4 : 3	42,86	57,14
v. sexta........	5 : 3	37,5	62,5
v. tercie	5 : 4	44,44	55,56
m. tercie	6 : 5	45,45	54,55
přiroz. septima .	7 : 4	36,36	63,64
m. sexta	8 : 5	38,46	61,54
m. septima	9 : 5	35,71	64,29
v. celý tón	9 : 8	47,06	52,94
m. celý tón	10 : 9	47,37	52,63
v. septima	15 : 8	34,78	65,22
v. půltón.......	16 : 15	48,39	51,61
m. půltón	25 : 24	48,98	51,02
diatonické koma	81 : 80	49,69	50,31

s dvěma strunami. V popsané úpravě pokusu je naprostá jistota, že předváděný interval, při němž obě části struny se liší svými délkami o zřetelný rozdíl, je skutečně diatonické koma. Doporučuji provést s žákem, jehož sluch je hudebně citlivý, pokus v tom smyslu, že mu předvádíme střídavě nahodile přesnou primu a koma tak, aby na pokus neviděl (a ovšem též, aby nemohl být ostatními žáky upozorněn), a dáme mu za úkol rozhodnouti sluchem, co je právě předváděno. Zjistíme tak bezpečně fakt, že interval komatu je hudebnímu sluchu skutečně zřetelný.

Druhý pohybový zákon.

B. Weiner, rg, Pardubice.

Při výkladu Newtonova 2. pohybového zákona se kladou poměrně velké požadavky na chápavost žáků, jak na vyšším, tak zejména na nižším stupni středních škol, a proto je třeba věnovati této choulostivé části dynamiky pozornost, aby se předešlo všemu, co překáží plnému pochopení zákona.

Přístroj. Především není bez významu, jakým způsobem se platnost zákona demonstruje, jmenovitě na nižším stupni. V modernějších učebnicích se správně uvádí známý přístroj podle

Schulze (Höfler) s vozíčkem, taženým padajícím závažím, ve starších pak Atwoodův padostroj. Po mém názoru se Atwoodův padostroj nehodí zejména pro nižší stupeň ani k důkazu zákona o volném pádu, ani k demonstraci 2. pohybového zákona, neboť je velmi obtížné přijatelně pro žáky vysvětliti jeho funkci i na vyšším stupni. Pak je to zařízení příliš umělé, naprosto vzdálené běžné zkušenosti žáka, nesporně choulostivé, jehož přesnosti ubývá s jeho stářím. Dr. Vl. Novák uvádí ve své Fysice na str. 134: „... studium pohybu na padostroji Atwoodově je velmi složité a nevede k dostatečně přesným hodnotám pro zrychlení g. Proto sluší dáti přednost padostrojům, kde těleso skutečně volně padá." I když se nemůžeme u zařízení s vozíčkem zbaviti toho, že výsledné zrychlení setrvačné hmoty M není přesně $a = gm/M$, nýbrž $a = gm/(M + m)$, kde M setrvačná hmota vozíčku a m setrvačná hmota padajícího závaží, přece jen můžeme zmenšiti tření vozíčku na kolejích prakticky na nulu (nakloněním kolejí). Při tom vliv gravitačního pole na setrvačnou hmotu vozíčku je eliminován a vnější síla (padající závaží) jest zřetelně oddělena od setrvačné hmoty vozíčku. Tím pojem setrvačné hmoty vozíčku jasně vynikne a není ničím zbytečně maten. Nemělo by se proto na pokus s vozíčkem právě popsaný zapomínati ani v učebnicích a ovšem ani u výrobců fysikálních pomůcek. Kromě toho se tímto přístrojem může ukázati ještě celá řada dalších pokusů, které souvisí s tímto základním, i těch, které patří do jiných oborů mechaniky.

Methodický postup. Dále se domnívám, že není methodicky správné se při demonstraci 2. pohybového zákona opírati o vztah $P = Ma$ nebo z něho vycházeti, poněvadž působením vnější síly se uvádí nejdříve těleso do pohybu, čímž nabývá po určité době t určité okamžité rychlosti v, která kromě toho závisí nepřímo na setrvačné hmotě tělesa M, takže platí nejdříve vztah $M \cdot v = P \cdot t$, který se dá na vozíčkovém zařízení, vhodně upraveném, přesvědčivě dokázati. Při tom se zde staví před oči žáků viditelně všechny základní fysikální prvky celého děje přímo měřitelné: M, v, P, t. Ve vztahu $P = M \cdot a$ jsou však rychlost a čas skryty ve zrychlení, které, ať se již konstatuje jakýmkoliv způsobem, je fysikální veličinou složenou a nadto mnohdy žákům dlouho nejasnou. Kromě toho vztah $P = M \cdot a$ svádí žáky posuzovati celý zjev jen po určitých celých časových intervalech (jednotkách) a nikoliv spojitě, jak si zaslouží, to jest i v kratších intervalech po případě libovolně krátkých. Tím se stává, že žáci nikdy nepochopí úplně tento zjev, zvláště jeho dynamickou stránku, což kladu na prvé místo, a na vyšším stupni pak ještě celou řadu dalších důsledků z něho vyplývajících. Teprve po ověření vztahu $M \cdot v = P \cdot t$, může se poukázati na to, že při stálé síle P a stálé hmotě setrvačné M rychlost v roste úměrně s časem, takže výsledný pohyb tělesa je nutně rovnoměrně zrychlený se stálým zrychlením $a = v/t$, čímž vztah $M \,.\, v = P \,.\, t$ nebývá konečného tvaru $M \,.\, a = P$.

A nyní, když je již žákům úplně jasné, že síla P uvádí hmotu M vozíčku do pohybu rovnoměrně zrychleného s konstantním zrychlením a, lze konečně dalším pokusem ukázati, že síla P je při konstantním zrychlení a úměrná setrvačné hmotě M, kterou uvádí do pohybu, čili zvětší-li se hmota v témže poměru jako síla P, proběhne vozíček dřívější dráhu za stejnou dobu t a dosáhne na konci téže dráhy stejné rychlosti jako před tím, takže podíl v/t je stále konstantní a tím i zrychlení tohoto pohybu. Podobně můžeme ukázati, že zrychlení pohybu pohybující se hmoty setrvačné M je přímo úměrné síle P, která hmotu M uvádí v pohyb, t. j. zvětšíme-li sílu P pohánějící vozíček při konstantní hmotě vozíčku M, v jistém poměru (na př. dvakrát), zvětší se i zrychlení v témže poměru. Při tomto pokuse se však setkáme s jistými potížemi, ježto výsledný pohyb nemůžeme pozorovati po téže dráze jako dříve. Doba totiž, za kterou proběhne vozíček stejnou dráhu, je v tomto případě $t_1 = t : \sqrt{2}$, takže ji nelze prakticky dobře měřiti. Tím nemůžeme bez delšího počítání určiti přesněji výsledné zrychlení a proto se musíme uchýliti ke vztahu již dříve uváděnému, který nám zde poměrně snadno a přesvědčivě ukáže, že zrychlení se skutečně zdvojnásobilo. Ze vztahu $M \,.\, v = P \,.\, t$ totiž jasně vyplývá, že na př. zdvojnásobí-li se síla P při konstantní setrvačné hmotě vozíčku M musí se při téže době t zdvojnásobiti i rychlost konečná v čili vozíček se musí vlivem síly $2 \,.\, P$ pohybovati stejnou dobu jako dříve, čili po dráze dvojnásobné, takže konečná rychlost je $v_1 = 2v$ a výsledné zrychlení je $a_1 = 2v/t = 2a$. Jinak je také možno tomuto vztahu vyhověti, působí-li dvojnásobná síla pouze po dobu $\frac{1}{2}t$, čili vozíček již po poloviční dráze dosáhne téže konečné rychlosti jako původně a výsledné zrychlení je opět $a_2 = v : \frac{1}{2}t = 2v/t = a_1 = 2a$.

Dokazovati závislost zrychlení na síle při konstantní hmotě padostrojem Galileovým jmenovitě na nižším stupni pokládám methodicky za naprosto pochybené a pro chápavost žáků neúnosné, neboť zde není zřetelně oddělena síla P od setrvačné hmoty M, padající koule.
