

**24. ročník, úloha IV.E ... vejce sebevrah !!! chybí statistiky !!!**

Z jaké nejvyšší výšky můžete shodit obyčejné slepičí vajíčko na tvrdou podlahu, aniž by se nakráplo? Co když vajíčko natěsno obalíme nějakým měkkým obalovým materiálem (tj. papír, bublinková folie apod.) s tloušťkou nejvýše 5 mm? Z kolikrát vyšší výšky ho pak můžeme pustit, aniž by se nějak viditelně poškodilo? Vyzkoušejte několik různých obalů.

*Karel přemýšlel o padajících vejcích*

Měřili jsme pád vajíčka na tvrdou podložku pro různé obalové materiály. Vajíčko dopadalo buď na špičku, patku, nebo na bok.

**Teorie**

Popsat teoreticky deformaci vejce je velmi složité, zvláště kvůli variabilitě vajec. Pokud bychom se vůbec dopočítali k nějakému kvantitativnímu výsledku, pak by se kvůli všem možným aproximacím stejně neshodoval s praxí.

Intuitivně bychom řekli, že bude rozdíl při pádu vajec obalených daným materiálem a pádem vajec dopadajících na podložku ze stejného materiálu. Popsat tuto situaci teoreticky je opět velmi náročný úkol. Proto raději zůstaneme nohama na zemi a zachováme pragmatický pohled na náš problém.

Tedy jsme měřili rozbitnou výšku  $h$ , což je vzdálenost nejbližšího bodu vejce k podložce (tedy mezní výšku, ze které se vejce při pádu již rozbije) a tloušťku obalového materiálu  $d$ . To, že vejce obalené nějakým materiálem může spadnout z větší výšky než vajíčko samotné, vás jistě nepřekvapí. Asi vás nepřekvapí ani to, že vítězem mezi obaly je bublinková fólie. Pokud bychom ovšem porovnávali tloušťku obalovacího materiálu s naměřenou výškou, pak se do vedení dostane třívrstvý balónek.

**Postup měření**

Měřicí soustava se skládala z vodorovné podložky a na ní kolmého měřicího pravítka s nejmenším dílkem 1 mm.

Pro každé vajíčko se začalo na odhadnuté výšce takové, že se při pádu z ní vajíčko ještě nerozbilo. Výška se postupně zvyšovala až na rozbitnou výšku  $h$ .

**Výsledky**

V rámci chyby je prokazatelné, že vajíčko dopadající na patku resp. špičku vydrží pád z větší výšky. To lze vysvětlit prostým rozbořením sil na vajíčko působících v okamžiku dotyku s podložkou. Podobného efektu se dříve používalo při stavbě budov, vzpomeňte na klenuté stropy historických chrámů a katedrál.

Dále jsme zkoušeli zjistit, zdali je rozdíl v pádu vejce obaleného v daném materiálu a vejce, které holé dopadá na podložku z onoho materiálu. Jisté odchylky zde byly (konkrétně vejce obalené se jevílo býti pevnější), ale v rámci velké chyby měření, je tento závěr neprokazatelný.

Tabulka naměřených dat

	$d_{\text{obal}}[\text{mm}]$	$h_{\text{patka}}[\text{cm}]$	$h_{\text{špička}}[\text{cm}]$	$h_{\text{bok}}[\text{cm}]$
Holé vajíčko		$1,2 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,4$
Potravinářská folie	3–4	$2,9 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,3$
3 vrstvý balónek	1–2	$4,4 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,4$
Noviny	3–4	$3,2 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,3$
Toaletní papír	3–4	$3,5 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,3$
Bublinková folie	3–5	$5,1 \pm 0,3$	$4,6 \pm 0,3$	$3,9 \pm 0,3$

### Diskuse

Již několikrát zmiňovaná velká chyba je způsobená převážně malou přípustnou výškou. Měření by také bylo možné řešit porovnáním časů pádu jednotlivých vajec (přičemž bychom jako počáteční výšku brali bod na vejci, který se nachází nejbližší podložce). Leč to možná vypadá nadějně, tak při pádu z takto malé výšky, bychom vlivem nepřesnosti vyhodnocování naměřených času, nenaměřili vůbec nic.

Další nepřesnost nám přináší samotná nepravidelnost vajíček. Jak již zmiňovaná tvarová, pak také různá tloušťka stěny vajec a nepochybně také jejich vnitřní nehomogenita. Další nepřesnosti vnáší určení výšky  $h$ , která je také způsobena tvarem jednotlivých vajec.

Chyby u naměřených hodnot jsou možná překvapivě veliké, přesnost určení výšky pádu jsme odhadli na 0,2 cm. Chyba se nám nepodařila zmenšit ani obrovským množstvím naměřených hodnot a tedy i rozbitých vajec.

### Závěr

Naměřené hodnoty si můžete prohlédnout v tabulce výše. Měřeními jsme ověřili předpokládanou korelaci mezi tloušťkou obalové vrstvy a rozbitnou výškou. Rozdíl mezi obalením vejce a materiálem podložky se ověřit nepodařilo.

### Poznámky k došlým řešením

Různorodost hodnot, které jste naměřili nás poměrně překvapila. Tento rozptyl může být způsoben nestejnou kvalitou vajec. Například řešitelé mající vajíčka od domácích slepic naměřili průkazně větší rozbitnou výšku.

Doufáme, že se Vám po měření experimentální úlohy nezvýšila hladina cholesterolu, ať při následné konzumaci rozbitých vajec, nebo při zpracování naměřených hodnot.

**Tereza Jeřábková**  
terkaj@fykos.cz