

Požadavky na laboratorní protokoly

Martin Žáček, zacekm@fel.cvut.cz, 2021-04-26

V tomto textu najdete shrnutí požadavků na laboratorní protokoly na katedře fyziky ČVUT FEL. Nejprve je uveden heslovitě přehledný seznam, následují mírně rozvedené některé body. Úvodní výčet byl s laskavým svolením převzat od kolegy L. Siegra z laboratoří svých a mírně upraven. Doporučujeme před odevzdáním druhého protokolu projít jednotlivé body a případně své dílo zkorigovat či doplnit.

1 Co musí laboratorní protokol obsahovat:

Úkol měření

- Existence úkolu měření, musí být jasné co je třeba udělat. Závěr je pak odpovědí na úkol měření. Nejlépe se lze s tímto bodem vypořádat doslovným uvedením úkolu tak, jak je v návodu. Úkol podle návodu je závazný podle něj se posuzuje, zda byl splněn.

Přístroje, přesnosti

- Seznam konkrétních přístrojů, na kterých se skutečně měřilo, včetně použitých rozsahů.
- Informace o přesnosti jako podklad pro výpočet nejistot typu B.

Teorie, vzorec

- Použitý vztah pro výpočet výsledku z naměřených dat.

Výpočet nejistot

- Musí být jasné na základě čeho se došlo k určení/výpočtu výsledné nejistoty typu C.
- Informace, jak ze vstupních dat určíme nejistoty typu B a jakým postupem se dobereme k výsledku měření. Popis musí být matematicky správný a jednoznačný a ve shodě s ostatními veličinami a vzorci v jiných částech dokumentu.
- Jednoznačný popis tabulky, označení veličin a jednotek (viz také dále k označení os v grafu).

Graf

- Výstižný nadpis, sdělující co graf obsahuje.
- Popis os včetně označení veličin V , které jsou použity v protokolu, jednotek J ve tvaru $\frac{V}{J}$.
- Mřížka usnadňující odečítání hodnot naměřených bodů.
- Naměřené body a jejich proložení hladkou křivkou, body nespojovat.

Závěr

- Obecně vždy odpověď na úkol měření, vyjma grafu, ten je v sekci *Výsledky*.
- Naměřená hodnota v předepsaném tvaru.
- Tabulková hodnota, požaduje-li úkol porovnání, procentuální odchylka od hodnoty změřené a závěr o shodě/neshodě v rámci chybového intervalu, je nutno odkázat na citaci, kde byla tabulková hodnota získána.

Literatura, citace zdrojů

- V textu je třeba se odvolávat na zdroje informací a v literatuře je správně citovat. Příklad citace lze získat např. na <https://vydavatelstvi.vscht.cz/citator>
- Citovat zdroj je třeba i u převzaté tabulky, grafu a obrázku. Jestliže jste použili program pro výpočet, je třeba rovněž ocitovat zdroj.

2 Typické chyby v protokolech

Zpracování hodnot

- Pokud jsou v tabulce vypočtené hodnoty, nejsou uvedeny vztahy, ze kterých byly vypočítány a pro jednu hodnotu nebyl uveden příklad výpočtu s číselným dosazením.

Uvádění výsledků

- U číselných hodnot není uvedena jednotka, pokud nejde o bezrozměrnou hodnotu, „ ~~$a_1 = 113,33$~~ “, „ $a_1 = 113,33 \text{ Hz}/(\text{m s}^{-1})$ “, „ $a_1 = 113,33 \text{ m}^{-1}$ “.
- Hodnoty v mezivýpočtech jsou uváděny na mnoho platných míst. Z povahy měření lze odhadnout, které cifry ještě nesou užitečnou informaci a které již jsou zbytečné, přestože se s nimi v mezivýpočtech počítá. „ ~~$a_1 = 113,33128892096 \text{ m}^{-1}$~~ “, „ $a_1 = 113,3 \text{ m}^{-1}$ “.
- Uvádění nejistoty na více jak dvě platná místa. „ ~~$c_s = 332,312 \pm 1,742 \text{ m s}^{-1}$~~ “, „ $c_s = 332,3 \pm 1,7 \text{ m s}^{-1}$ “, „ $c_s = 332 \pm 2 \text{ m s}^{-1}$ “.
- Chybné zaokrouhlení výsledku, které nekoresponduje se zaokrouhlením nejistoty, nejméně významné platné cifry obou údajů musí být téhož řádu. „ ~~$c_s = 345,3 \pm 0,09 \text{ m s}^{-1}$~~ “, „ $c_s = 345,32 \pm 0,09 \text{ m s}^{-1}$ “.
- Neuvádění hodnoty i nejistoty v též jednotkách, včetně případného násobícího koeficientu. „ ~~$c_s = (332,3 \pm 17,10^{-1}) \text{ m s}^{-1}$~~ “, „ $c_s = 332,3 \pm 1,7 \text{ m s}^{-1}$ “.

2.1 Shoda naměřené hodnoty s tabulkovou, zhodnocení z hlediska shody a nejistoty v závěru:

- Vágní či subjektivní formulace. Tabulková hodnota buď leží v chybovém intervalu naměřené hodnoty, nebo neleží. To odpovídá shodě měření s tabulkovou hodnotou nebo neshodě. Jsou pouze tyto dvě možnosti, které od sebe odlišíme vzájemným porovnáváním čísel (zde konkrétně odchylky od tabulkové hodnoty s nejistotou). Pro subjektivní hodnocení tedy není prostor, protože shodu či neshodu lze určit jednoznačně. „~~Měření bylo velice přesné.~~“ (Ale v porovnání s čím?) „Měření potvrdilo shodu s tabulkovou hodnotou.“
- Dojde-li k neshodě naměřené hodnoty s hodnotou tabulkovou, neznamená to, že měření bylo nepřesné. Paradoxně dojde ke shodě spíše při větší nejistotě, tedy při méně přesném měření. Měření bývá kromě náhodných chyb zatíženo navíc ještě systematickou chybou, jejíž původ často není znám a tedy není možné ani stanovit její odhad. Bude-li nejistota měření větší než systematická chyba, dojde spíše ke shodě naměřené hodnoty s tabulkovou. „~~Měření nebylo přesné, protože tabulková hodnota se liší od naměřené.~~“ To může být naopak důsledek přesného měření, protože je-li případná systematická chyba malá, podaří se na ní přijít pouze přesnějším měřením. U nepřesného měření systematický posun hodnot zanikne v příliš velkých náhodných chybách. „Naměřená hodnota se liší od tabulkové, což indikuje přítomnost systematické chyby, jejíž původ nám není znám.“ „~~Měření nebylo úspěšné, protože naměřená hodnota se neshodovala s tabulkovou.~~“ „Nejistota našeho měření byla přibližně $3\times$ menší než odchylka naměřené hodnoty od tabulkové, tudíž spíše bude rozdíl vysvětlitelný přítomností systematické chyby než nepřesností měření.“ „Naše naměřená hodnota se neshoduje s tabulkovou, přičemž dosažená nejistota byla srovnatelná s rozdílem obou hodnot. Nelze tudíž určit, zda byl rozdíl způsoben spíše systematickou chybou nebo náhodnými chybami v důsledku omezené přesnosti měření.“

2.2 Typografické chyby

Z typografického minima budeme vyžadovat pouze psaní mezery mezi číslem a jednotkou a psaní všech zástupných symbolů (lze za ně dosadit jiný symbol nebo číslo) kurzívou. Vše ostatní, včetně jednotek, se píše stojatým písmem. Pro podrobnější informace k typografii doporučujeme dokument [2]. Je pouze osmistránkový, část se navíc věnuje chemické typografii a pro naše účely ji lze vynechat, přitom je psán srozumitelnou vysvětlující logikou, nikoliv jako pouze prostý soubor pravidel. Například na straně 256 (strana 7 v PDF dokumentu) je srozumitelně a logicky vysvětleno, proč nepoužívat jednotky v hranatých závorkách, i když se to tak kdysi psalo a chybují v tom dnes i mnozí pedagogové. Pro publikující v \TeX může být užitečný dokument [3], který je delší, zato však obsahuje i typografické jemnosti známé mnohdy jen profesionálním sazečům. Běžní publikující lidé se zpravidla spoléhají na profesionální editory a korektory, nebo že sazbu (zejména u matematických vzorců) vytvoří správně sám software. Ale nikoliv vždy, mnohdy se totiž správná sazba odvíjí od významu, kterému software nerozumí a je potřeba ruční zásahy. Vážní Zájemci o správnou typografii si mohou zapsat předmět *Praktická typografie*, vyučovaný katedrou fyziky.

- Veličiny a jednotky: „Změřili jsme rozměry a a b “, ~~„Změřili jsme rozměry a a b “~~. „ α_{Cu} “, „ $u_{\text{C}} = \sqrt{u_{\text{A}}^2 + u_{\text{B}}^2}$ “, „ U_{ef} “, „ I_{max} “, „ $\sum_{k=1}^n a_k$ “, „ c_{s} “ označuje rychlost zvuku, nikoliv indexovanou veličinu, „ $E_{\text{k}} = \frac{1}{2} m_e v_e^2$ “ je kinetická, nikoliv k -tá energie elektronu, ne e -té částice.
- Jednotky v tabulkách nebo v grafech uvádět buď v kulatých závorkách, nikoliv v hranatých, které jsou vyhrazeny pouze pro fyzikální rozměr. např. „ X (K)“, nebo jako zlomek, například „ X/K “. Označení veličiny je kurzívou, označení jednotky je stojatým písmem. ~~„ X (K)“~~, ~~„ X (K)“~~, ~~„ X (K)“~~
- Operátory typu sčítání, odečítání a rovnost se oddělují od veličin a čísel mezerou. ~~„ $a_0 = 39\,061\text{ Hz}$ “~~, „ $a_0 = 39\,061\text{ Hz}$ “.
- Pro součin nepoužívat asterisk * (ani hvězdičku \star), to je operace součinu užívaná v programovacích jazycích a v sazbě značí konvoluci. V tištěném textu jsou pro součin určeny znaky \cdot (dot operátor, `&sdot`; v HTML, `\cdot` v \TeX , `\u22c5` v UNICODE) nebo \times (operátor times, `×`; v HTML, `\times` v \TeX nebo `\u00d7` v UNICODE). ~~„ $u(\alpha_{\text{Cu}}) = 5,88 \cdot 10^{-8}\text{ K}^{-1}$ “~~, „ $u(\alpha_{\text{Cu}}) = 5,88 \times 10^{-8}\text{ K}^{-1}$ “, „ $u(\alpha_{\text{Cu}}) = 5,88 \cdot 10^{-8}\text{ K}^{-1}$ “.
- Procenta se píšou jako jednotka, tj. s mezerou. „Změna je 5 %“ znamená „Změna je pět procent“. Pokud se napíše číslo a za něj znak % bez mezery, čte se jako „-procentní“. „5% změna“ znamená „pětiprocentní změna“. ~~„Změna je 5%“~~ ale „5% odchylka“.

3 Poznámka:

- V příkladech zde jsou mnohdy desetinné tečky místo desetinných čárek, pokud zrovna není z čárkou příklad z některého z protokolů. To proto, že autor učí kurzy v českém i anglickém jazyce a po čase rezignoval na rozlišování a vybral si globální variantu, kterou ve svých textech preferuje před lokální. V českém textu je však správné používat desetinnou čárku. V protokolech se bude používání desetinné tečky místo čárky tolerovat, je však vhodné si v jednom dokumentu zvolit jednu nebo druhou variantu a nemixovat obě.

Literatura

- [1] Server [Planck](#), laboratorní měření, katedra fyziky ČVUT FEL.
- [2] Eva Juláková: Rovnice, jednotky a veličiny - jak s nimi? Chem. Listy 99, 250 – 257 (2005) [PDF](#), 8 stran.
- [3] Yetiho typografický bestiář, verze 2003-05-19 [PDF](#), 29 stran.

Datum poslední úpravy: 2021-4-30. Vytvořeno v \OpTeX .