Upute za provedbu i izradu izvještaja eksperimentalnog rada

Fokus postavljanja i provođenja svakog eksperimentalnog rada treba prije svega biti preciznost i vjernost mjerenja, a neposredni rezultat svakog eksperimentalnog rada treba biti nekakav zapis provedenih i „uzetih“ mjerenja na kojem se nalaze i svi ostali relevantni „sirovi“ podatci, uključujući i podatke o tome tko i kada je eksperiment provodio. Dakle, svi podatci povezani s mjerenjima i potencijalno potrebni za njihovu obradu trebaju biti zapisani na istom papiru (ili na neki drugi, nedvosmisleni način moć biti dovedeni u vezu). **Ukratko i jednostavnim jezikom** – pri provođenju eksperimenta razmišljamo gotovo isključivo o preciznosti provođenja eksperimenta te vjernom i točnom uzimanju svih relevantnih podataka, odnosno mjerenja.

Druga faza eksperimentalnog rada je obrada „sirovih“ podataka koja se u pravilu provodi doma, odnosno samostalno negdje u miru i s punom koncentracijom na interpretaciju provedenog eksperimenta te obradu i interpretaciju dobivenih podataka, na primjer:

1. Koja je fizika iza eksperimenta, što se tu točno događalo, koji je bio cilj eksperimenta i koje „formule“ je potrebno koristiti da bi se taj cilj ostvario?
2. Kako ispravno obraditi i prikazati mjerenja, dakle naći srednje vrijednosti i odstupanja za svaki podatak (procijenjene ili izračunate)?
3. Kako primijeniti prikladne „formule“ na ispravno obrađena mjerenja, dakle provesti sve potrebne izračune da bi se došlo do konačnih ciljanih podataka, odnosno rezultata?
4. Protumačiti sami sebi što konačni rezultati govore, s čime bi se mogli/trebali usporediti, jesu li očekivani ili ne, i ako nisu bi li se neki od prijašnjih koraka mogao/trebao ponoviti da bi se to popravilo ili došlo do nekih drugih, zanimljivih ili točnijih podataka i rezultata.

Kada su svi podatci/mjerenja ispravno prikupljeni i obrađeni i konačni, kada je sve to negdje zapisano i svi računi provedeni u nekom „grubom“, neprezentabilnom obliku, i kada eksperimentator ima konačnu interpretaciju toga što se događalo i što bi otprilike trebao napisati, onda se pristupa pisanju kratkog izvještaja (u pravilu do 2-3 stranice).

Ideja izvještaja (kao jednostavne verzije eksperimentalnog znanstvenog rada) je:

1. da što kraće i što jasnije (koncizno) prezentira i obrazloži fizikalnu pozadinu, temelj i svrhu eksperimenta, dakle koji fenomeni, koje pretpostavke i koje „formule“ su uključene odnosno potrebne,
2. da detaljno prenese postav i provedbu eksperimenta kako bi omogućio točnu reprodukciju, dakle da netko može ponoviti isti eksperiment i dobiti iste rezultate čitajući samo izvještaj,
3. da pregledno prikaže sve relevantne prikupljene i pravilno obrađene podatke i rezultate, zajedno s opisima kako su podatci obrađivani (i eventualnim komentarima oko toga zašto baš tako, a ne nekako drugačije),
4. da ponudi interpretaciju rezultata i da neki zaključni komentar/mišljenje o svemu.

Primjer/prijedlog izgleda izvještaja dan je na idućoj stranici:

**Naslov** (*kratki opisni naslov, koji je bio konkretni cilj i glavna korištena metoda/alat*)

**Uvod**

(*Kratko tekstualno, u cijelim smislenim rečenicama, navođenje i opis ključnih fenomena i pretpostavki koji su se promatrali, dakle fizike koja se u eksperimentu događa i pomoću koje se ostvaruje cilj eksperimenta (npr. interferencija, koherencija itd.). Navođenje i kratko objašnjavanje matematičkih izraza koji će se koristiti za izračun ciljanih veličina iz mjerenja; objašnjavanje u smislu navođenja što koji simbol u formuli znači, dakle kojem eksperimentalnom podatku odgovara. Ovaj dio treba biti kratak i jasan, teoriju ne treba objašnjavati ni izvoditi, samo navesti što se i zašto događa, odnosno koristi i radi, i kakve sve to ima veze s ciljem eksperimenta.*)

**Korištena oprema:** (*Navesti svu karakterističnu/posebnu potrebnu i korištenu opremu (npr. laser, optička klupa, držač, optička rešetka itd.); dakle ne treba pisati obične stvari poput papira, olovke, škara ili selotejpa, osim ako su baš to ključni elementi eksperimenta.*)

**Postav i provedba eksperimenta**

(*Detaljno opisati eksperimentalni postav i postupak provođenja eksperimenta i uzimanja mjerenja. Dakle napisati koja sve oprema dođe gdje, kojim redoslijedom ju treba sastaviti, što sve raditi kojim redoslijedom i na što sve treba posebno paziti dok se to radi da bi mjerenja bila ispravna. Može se tu osvrnuti i na potencijalne razloge pogrešnih mjerenja te moguće situacije i kako ih ispraviti, dakle npr. „ako se ne pazi na ovo ili ono može se dogoditi to“ ili „ako je nešto ovako ili onako treba napraviti to“. Tu se može priložiti i fotografija ili skica eksperimentalnog postava na kojoj dijelovi mogu biti označeni pa se u tekstu referirati na tu sliku i označene dijelove, i zbog dodatne jasnoće i zbog skraćivanja tekstualnog opisa.*)

**Mjerenja i rezultati**

(*Tu bi trebali biti jasno, sažeto i pregledno prikazani (dakle tablice itd.) svi sakupljeni podatci u konačnom obliku, uz kratka objašnjenja kako se, kojim postupcima obrade ili procjene, do tog konačnog oblika došlo. Dakle ne trebaju biti napisani cijeli postupci obrade i izračuni, ali mora biti jasno početno stanje, dakle početni podatci, i konačno stanje, dakle (među)rezultati s kratkim opisom kako se do toga došlo, primjenom kojih formula/postupaka/procjena. Konačni rezultati, dakle ciljane veličine, trebale bi biti nekako naglašene, npr. uokvirene ili podcrtane ili nešto tome slično.*)

**Zaključak**

(*Tu bi trebala pisati interpretacija i ocjena konačnih rezultata, npr. da se usporede s nečim poznatim ili nekako drugačije komentiraju dobivene vrijednosti te da se komentira njihova preciznost i generalna uspješnost eksperimenta. Dakle da se kaže jesu li rezultati u skladu s nekim očekivanjima i očekivanim/poznatim vrijednostima, i ako nisu zašto nisu, te koliko su rezultati precizni (relativna pogreška/nesigurnost npr.). Tu bi također trebao i stajati neki komentar eksperimentalne izvedbe i postava (je li bilo dobro i što i zašto nije) te potencijalni prijedlozi za poboljšanje mjerenja i rezultata, odnosno osvrt na glavne i najveće uzroke pogrešaka i nepreciznosti u mjerenjima i konačnim rezultatima te kako to možda popraviti.*)

Završni komentar oko tehničkih detalja izrade:

Izvještaj bi trebao biti digitalno izrađen (npr. u MS Wordu) i trebao bi biti pisan tako da glumi znanstveni članak, dakle maksimalno objektivno i profesionalno, sa što manje osobnih i subjektivnih stvari. Zato se znanstveni radovi u pravilu pišu u pasivu. Također, koristite provjeru pravopisa (ugrađenu u vaš program/Word ili na internetu[[1]](#footnote-1), ako nemate ili ne znate u Wordu/programu kojeg koristite).

Formule tj. matematički izrazi trebali bi biti izrađeni pomoću „equation“ alata (na hrvatskom „jednadžba“, valjda; nalazi se u izborniku „insert“) i trebali bi biti što uredniji. Glavne formule se uobičajeno napišu u zasebnom redu (centrirane na sredinu stranice) da budu jasnije istaknute.

Sve slike ubačene u izvještaj (i općenito u dokumente) trebale bi biti označene, numerirane i imati kratak opis ispod (*caption*). Također u pravilu vrijedi i za tablice, ali minimalno trebaju biti objašnjene u tekstu.

Treba se koristiti neki standardan, „normalan“ font (najbolje onaj koji vam alat za izradu dokumenta automatski ponudi), neke srednje do manje veličine (standardno 12pt, ne veće), s proredom većim od 1, ali manjim od 1.5 (ja preporučujem 1.15 ili 1.25) i s obostrano poravnatim tekstom (*justify*). To su minimalni standardi koje svi ozbiljni, profesionalni tekstovi trebaju zadovoljavati da bi bili lijepi i ugodni za čitanje. Izbjegavajte velike prazne prostore na papiru, potrudite se optimalno iskoristiti prostor na papiru, da nije prenagužvano, ali i da nije „šuplje“ (npr. okomiti popisi s kratkim zapisima).

Ako je izrada u digitalnom obliku problem javite mi se osobno (na Teams ili uživo) na vrijeme da istražimo i komentiramo druge opcije.

1. <https://ispravi.me/> [↑](#footnote-ref-1)