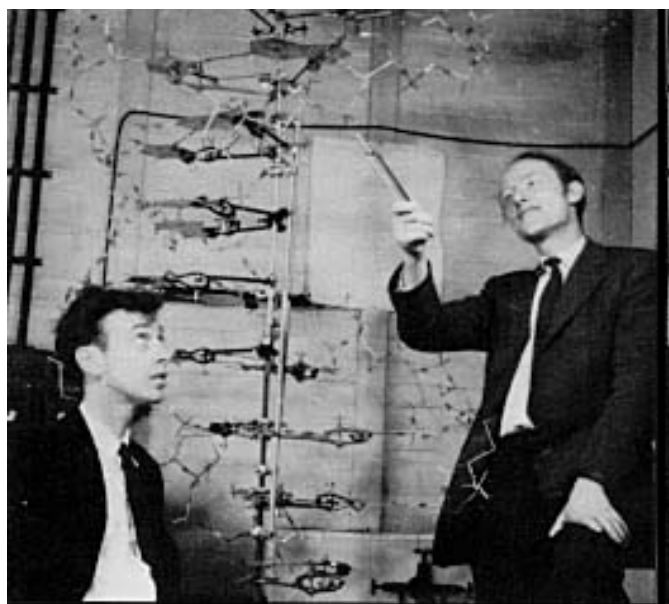


SVEUČILIŠTE U SPLITU
STUDIJ: «BIOLOGIJA I EKOLOGIJA MORA»

Uvod u znanstveni rad

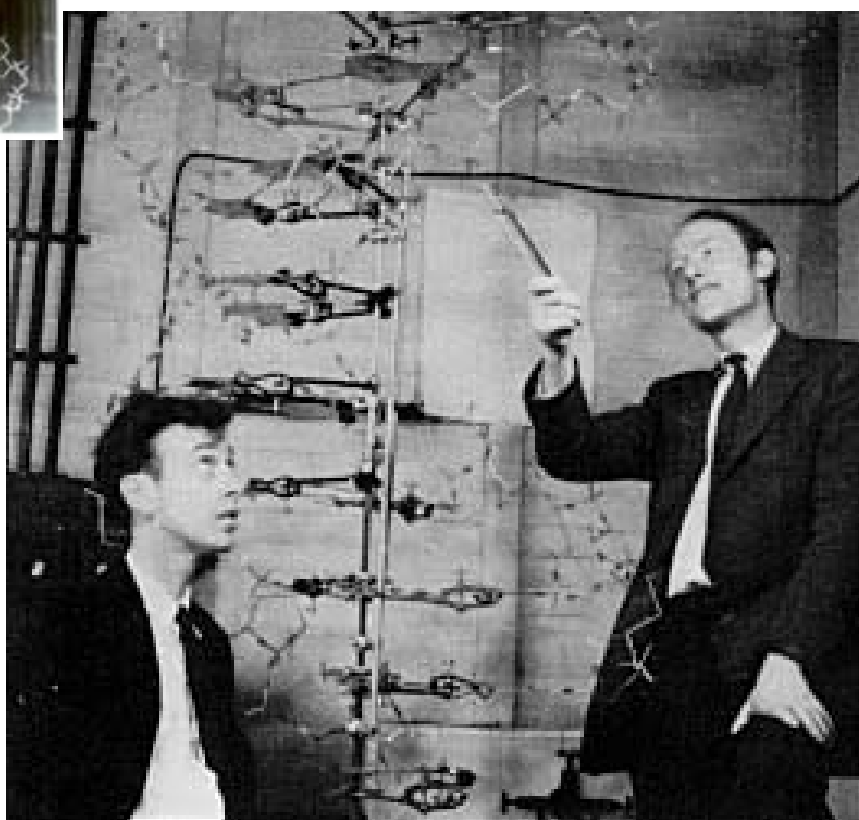
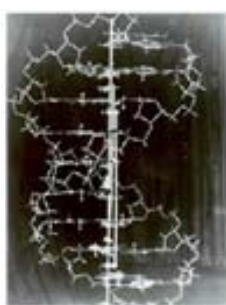
Mladen Šolić



Interna skripta

INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO – SPLIT
Rujan, 2005

James Watson i Francis Crick ispred modela ĐNK (Cavendish Laboratory, 1953)



Sadržaj:

UVOD 3

ZNANSTVENA METODA

Opažanje
Definiranje problema
Prikupljanje informacija
Postavljanje hipoteze
Testiranje hipoteze
Zaključak
Znanstvena teorija

KAKO NAPRAVITI ZNANSTVENO ISTRAŽIVANJE I KAKO NAPISATI ZNANSTVANI RAD?

Znanstveno istraživanje
Pisanje znanstvenog rada
Prezentacija rada
Objavljivanje rada

POPIS VJEŽBI

UVOD

Definicija znanosti

Znanost se može definirati kao pažljivo, disciplinirano, logično traganje za znanjem o svim aspektima prirode (univerzuma), koje se temelji na proučavanju najpristupačnijih dokaza, i koje je uvijek podložno ispravcima i poboljšanjima do kojih se dolazi otkrivanjem novih boljih dokaza. Međutim, znanost nije samo zbir činjenica, koncepata i korisnih ideja vezanih za svijet koji nas okružuje, niti je samo sistematsko istraživanje prirode, premda je sve ovo uobičajeno kao definicija znanosti. Znanost je metodološki pristup u sticanju znanja, pristup u istraživanju prirode, način upoznavanja prirode koji daje pouzdana znanja o njoj. Postoje i druge metode u otkrivanju i učenju prirode, ali je znanost jedina metoda koja rezultira sticanjem *pouzdanih znanja*.

Pouzdana znanje je znanje za koje postoji velika vjerojatnost da je točno (istinito), zato što se njegova istinitost može *provjeriti pouzdanim metodama*. Pouzdano znanje se razlikuje od vjerovanja po tome što je prvo *provjerljivo*, dok je drugo *neprovjerljivo* bez obzira da li je istinito ili ne. Svaka osoba ima određena znanja ili vjerovanja, ali sva ta znanja nisu provjerljiva, a neka vjerojatno nisu niti istinita. Zapravo, većina ljudi vjeruje u stvari koje nisu istinite ili nisu provjerljive, ili nisu ni jedno ni drugo. Većina ljudi posjeduje nepouzdana znanja, i što je još gore ponašaju se i djeluju prema njima. Znanost je metoda koja ljudima omogućava posjedovanje znanja čija je pouzdanost na najvećoj mogućoj razini sigurnosti. Metoda koja se koristi za provjeru znanstvenih znanja, i time ta znanja čini pouzdanim, zove se *znanstvena metoda*. Znanost je bez sumnje najuspješnije ljudsko nastojanje u povijesti civilizacije, jer je to jedina metoda koja uspješno otkriva i formulira pouzdana znanja.

Znanstveno i kritičko mišljenje

Onaj tko koristi znanstvenu metodu u istraživanju prirode taj prakticira *znanstveno mišljenje*. To rade svi znanstvenici, ali znanstveno mišljenje nije rezervirano samo za znanstvenike. Kada netko koristi znanstveno mišljenje u

svakodnevnom životu može se kazati da prakticira *kritičko mišljenje*. Kritičko mišljenje je mišljenje koje uspješno vodi k najpouzdanijim odgovorima na postavljena pitanja i najpouzdanijim rješenjima problema. Drugim riječima, kritičko mišljenje daje pouzdana znanja o svim aspektima života (nije ograničeno samo na znanost). Dakle, znanstveno i kritičko mišljenje su jedno te isto.

Znanstvena metoda se temelji na znanstvenom (kritičkom) mišljenju, a ono se temelji na trima komponentama: 1. Korištenju empiričkih (iskustvenih) dokaza (*empiricizam*); 2. Prakticiranju logičkog razmišljanja (*racionalizam*), te 3. Posjedovanju skeptičnog odnosa prema postojećim znanjima koje vodi k stalnom preispitivanju i privremenim (ne konačnim) zaključcima, dakle vodi ka nedogmatizmu (*skepticizam*).

1. Empiricizam

Empirički dokazi su ono što se može vidjeti, čuti, dodirnuti, okusiti ili omirisati - dakle, to su dokazi dostupni našim osjetilima. Ovi su dokazi važni jer ih osim vas mogu iskusiti i drugi ljudi, što znači da su *provjerljivi* i *ponovljivi*. Empirički dokazi su jedini dokazi koji imaju ova svojstva i neobično su važni znanstvenicima u donošenju odluka i zaključaka. Vrijednost ovih dokaza dolazi do izražaja ukoliko ih usporedimo s drugim tipovima dokaza:

- "čuli-smo-da-su-rekli" dokazi
- svjedočenje
- božanski ili nadnaravni događaj
- paranormalni i spiritualni događaji (duhovi, UFO, vještice)
- emocionalni dokazi (subjektivni osjećaji)

Česta alternativa empiričkim dokazima su autoritarni dokazi kada nam određeni autoritet (ljudi, knjige, televizija, reklame na televiziji, plakati itd) govore u što treba vjerovati. Pouzdanost tih dokaza ovisi o autoritetu. Ipak, danas je nemoguće steći bilo kakvo obrazovanje bez autoritarnih dokaza (škola, profesori, tečajevi, udžbenici, enciklopedije itd). Zapravo većinu znanja stičemo na taj način, bez da ih sami testiramo; većinu zakona fizike i kemije nismo sami provjeravali.

Drugo ime za empirički dokaz je *prirodni dokaz*, dokaz koji nalazimo u prirodi. Naturalizam je filozofija koja kaže da se "stvarnost i postojanje" (dakle priroda, svemir, univerzum) mogu opisati i objasniti jedino preko prirodnih dokaza, prirodnih procesa i prirodnih zakonitosti. To je upravo ono što znanost pokušava činiti. Znanost i naturalizam odbacuju koncept konačne ili apsolutne istine, a prihvaćaju koncept istine koja je pouzdanija s obzirom na postojeće dokaze, što je uspješnija i intelektualno prihvatljivija alternativa. U tom kontekstu nadnaravno, ukoliko postoji, ne može biti istraženo niti testirano znanstvenom metodom, pa je onda irelevantno za znanost. Osobe koje imaju znanja o nadnaravnom ta znanja nisu dobili korištenjem znanstvenog (kritičkog) mišljenja, već drugim metodama sticanja znanja.

2. Racionalizam

Oni koji koriste znanstveno ili kritičko razmišljanje uvijek prakticiraju logičko rezoniranje. Logika nam omogućava da razmišljamo ispravno, ali to je složeno područje o kojem su napisane brojne knjige i koje nije lako naučiti. Logika nije nešto s čim se ljudi rađaju, već je to disciplina koja se mora učiti. Ljudi su često skloni razmišljati na druge načine, različite od logičkog razmišljanja. Često je lakše vjerovati da je nešto istina zato što osjećamo, nadamo se ili želimo da je to istina. Logičko razmišljanje često ide protiv našeg emocionalnog razmišljanja i može često biti bolno. Ljudi često uče logično razmišljati kroz pokušaje i pogreške, ali to je neefikasan put koji rasipa vrijeme, a često je neuspješan i bolan.

3. Skepticizam

Skepticizam (posjedovanje skeptičnog stava) je stalno propitivanje vjerovanja i zaključaka. Dobri znanstvenici i ljudi koji prakticiraju kritičko mišljenje konstantno preispituju dokaze, argumente i razloge za vjerovanje. Samozavaravanje je jedna od najčešćih pogrešaka koja ostaje neprepoznata jer se većina ljudi samozavarava. Jedan od načina testiranja svojih vjerovanja sastoji se u prognozirovanju posljedica ili logičkih

rezultata vaših vjerovanja. Ukoliko se prognozirane posljedice poklapaju s realnošću, što se može potvrditi empiričkim dokazima, tada su naša vjerovanja pouzdana znanja. Skepticizam, nausuprot čestom poimanju skeptika, znači otvorenost prema novim dokazima i argumentima i spremnost u promjenu uvjerenja ako to prizlazi iz novih dokaza.

Koliko u znanosti ima prevara (podvala)?

Premda se čini da su znanstvene diskusije prije svega objektivne i vođene znanstvenim metodama i potpuno lišene subjektivnih emocija, to je ipak daleko od istine. Događa se da znanstvenici falsificiraju svoje rezultate bilo zbog prestiža, ugleda i karijere, bilo zbog novca. Teško je odgovoriti na pitanje koliko često se to događa, ali su takvi primjeri argument protivnika znanosti za diskreditaciju znanosti kao metode upoznavanja prirode i sticanja znanja. Ipak, svaka ozbiljna teorija bit će puno puta provjeravana od strane velikog broja znanstvenika, što znači da je *samo-korigirajuća priroda znanosti* njena važna osobina.

Pored toga, većina su znanstvenika ipak idealisti koji nalaze ljepotu u istraživanju i otkrivanju novoga, da nije tako izabrali bi neki unosniji posao. Prema tome, broj neotkrivenih podvala u znanosti vjerojatno je mali i zanemariv. Ponekad neke kompanije namjerno falsificiraju ili prešućuju rezultate svojih istraživanja (duhanska, farmaceutska), ali to ne diskreditira valjanost znanstvene metode.

Da li znanstvenici imaju "štitnike za oči"

Jedan od najčešćih prigovora službenoj (etabliranoj) znanosti je taj da oni koji je prakticiraju vide samo ono što očekuju da će vidjeti (imaju nešto poput štitnika za oči kod konja koje mu sprječavaju da gleda sa strane). Često ideje koje su pomalo rubne (izvan *mainstreama*) ostaju nezamijećene, a mogu biti vrlo vrijedne (npr. alternativna medicina). Činjenica je da te ideje prolaze teži i duži put do njihovog prihvatanja, ali prilika da se otkrije nešto revolucionarno novo svakako je izazov i uvijek postoje oni znanstvenici koji će rado ispitati svaku novu ideju.

ZNANSTVENA METODA

Znanstvena metoda je procedura koju koriste znanstvenici da bi pronašli odgovore na pitanja koja su od njihovog interesa, ali i interesa društva. Pojam znanstvena metoda se sastoji od dviju riječi; znanost, čiji latinski korjen znači znanje i metoda, čiji grčki korjen znači put, cesta. Dakle, znanstvena metoda je put do znanja ili malo slobodnije prevedeno način sticanja znanja. Pri tome znanstvena metoda prakticira znanstveno (kritičko) mišljenje.

U praksi, znanstvena metoda se sastoji od nekoliko koraka (faza). Najjednostavniji opis znanstvene metode bio bi sljedeći: *(1) definirati znanstveni problem; (2) ponuditi objašnjenje tog fenomena (postaviti hipotezu); (3) provjeriti da li je objašnjenje dobro (testirati hipotezu); te (4) na temelju rezultata testiranja hipoteze donijeti zaključke.* Međutim, da bi se ovaj postupak uspješno obavio potreban je čitav niz postupaka, tako da bismo znanstvenu metodu mogli malo detaljnije prikazati kroz sljedeće korake:

1. Opažanje fenomena ili procesa u prirodi
2. Definiranje problema (postavljanje pitanja)
3. Prikupljanje informacija vezanih za problem (istraživanje problema)
4. Postavljanje hipoteze
5. Testiranje hipoteze
 - 5.1. Pravljenje prognoze na temelju hipoteze
 - 5.1. Provođenje testa
 - 5.1.1. Eksperiment
 - 5.1.2. Opažanje
 - 5.2. Analiza testa
 - 5.3. Donošenje odluke
6. Zaključak
7. Postavljanje znanstvene teorije

1. OPAŽANJE FENOMENA ILI PROCESA U PRIRODI

Pod opažanjem podrazumijevamo svaku informaciju koju možemo dobiti izravno ili neizravno preko naših osjetila i našeg razuma. Da bi opažanje bilo realno, ono mora biti ponovljivo (i drugi ljudi moraju imati mogućnost opaziti to isto). Primjer jednog takvog opažanja bi bio: *Zelene biljke žive na osvijetljenim, osunčanim staništima.*

Znanstvena metoda se temelji na direktnom opažanju (promatranju) svijeta oko nas. Bez tog procesa ne bismo bili u mogućnosti postaviti određena znanstvena pitanja i probleme. Opažanja fenomena i procesa u prirodi nas inspiriraju da postavljamo pitanja i da definiramo znanstvene probleme.

U procesu opažanja znanstvenik mora biti kritičan kako bi izbjegao svaku pristranost. Pored samog promatranja znanstvenici vrlo često vrše i određena mjerenja kako bi svoja opažanja kvantificirali. Na primjer, umjesto da kažemo da na jednoj livadi raste više vrsta biljaka nego na drugoj, možemo te vrste izbrojati, pa će naše opažanje biti kvantificirano (npr. na prvoj livadi raste 20, a na drugoj 12 vrsta biljaka; ako je taj broj sličan tada bez brojenja nećemo ni moći odrediti gdje ima više vrsta). Vrlo često znanstvenici obavljaju mjerenja kako bi kod opažanja izbjegli svaku pristranost (naša osjetila često nisu savršena).

Odgovorite, na primjer, na ovo pitanje bez mjerenja: *Koja je od ove dvije crte duža?*



Iako imamo dojam da je desna crta duža, mjerenje će pokazati da su one jednake.

Naša osjetila nisu savršena i to ograničava našu sposobnost opažanja i percepcije fenomena u prirodi. Isto tako ni naš razum nije nepogriješiv, pa često radimo pogreške u razmišljanju i zaključivanju (tzv. *setovi u mišljenju*).

Važno je napomenuti da se pri mjerenju trebamo služiti *metričkim sustavom* zato što je on univerzalan i jednostavan.

2. DEFINIRANJE PROBLEMA (POSTAVLJANJE PITANJA)

Opažanja i promatranja svijeta oko nas pobuđuju nas da postavljamo pitanja o tome zašto se opaženi fenomeni događaju i kako se uočeni procesi odvijaju. Opažanja nam omogućavaju da definiramo *znanstvene probleme*. Svaki pokušaj sticanja znanja mora početi s postavljanjem pitanja.

Znanstvenici moraju biti znatiželjni. Napokon, svi su ljudi po prirodi znatiželjni (iskustvo s malom djecom to potvrđuje). Sjedenje u školi s rukama na leđima je suprotnost znanosti (onemogućava produktivnu buku). U znanstvenoj metodi pitanje mora biti *relevantno* i mora biti tako postavljeno da je *odgovor moguć*. Naime, postoje pitanja na koja znanost ne može odgovoriti. Na primjer, *Zašto sam ja ovdje? (Zašto postoje ljudi?)*. Ako pitanje reformuliramo u *Kako sam ja ovdje došao* ono postaje pitanje na koje se može odgovoriti (o evoluciji se zna puno). Na pitanje *Što je bilo prije jaje ili kokoš* je lako odgovoriti. Odgovor je jaje, jer jaja su imali organizmi koji su evolucijski stariji od ptica. Međutim, na pitanje *Što je bilo prije kokoške jaje ili kokoš* je već teže odgovoriti. Ili na primjer, na pitanje *Da li je bog budan* je nemoguće odgovoriti, dok je na pitanje *Da li je Mladen budan* moguće odgovoriti. Kada smo ranije govorili o opažanju dali smo slijedeći primjer opažanja: *Zelene biljke žive na osvijetljenim, osunčanim staništima*. Ovo bi nas opažanje moglo navesti na postavljanje slijedećeg pitanja: *Je li sunce bitno za život biljaka?*

Definiranje problema je ključan korak, jedan od najtežih, u procesu znanstvene metode. Prepoznavanje mogućnosti da se nešto promjeni na bolje ili poboljša je jedan od najkreativnijih koraka u znanstvenoj metodi.

Primjer: Pretpostavimo da se ljudi na planinu uvijek penju jednom određenom stazom. Neki ljudi nikada neće prestati misliti na to da možda postoji i drugi put. Pitajući se *Da li postoji bolji put za penjanje na planinu*, napravljen je prvi korak u znanstvenoj metodi.

Problemi mogu biti definirani na različite načine što najbolje ilustriraju različiti tipovi pitanja:

1. Problemi koji se odnose na opisivanje:
 - Što je tamo?
 - Od čega ili kako je to napravljeno?

2. Problemi koji se odnose na procese ili uzroke i posljedice:

- Zašto se to događa?
- Kako to radi?

3. Pitanja vezana za mjesto i vrijeme:

- Kako je to izgledalo prije?
- Kako će to izgledati?
- Odakle to dolazi ili gdje ide?
- Jeli to isto ovdje kao i tamo?

4. Problemi koji se odnose na ljudske aktivnosti ili kontrolu:

- Što treba napraviti da se to promjeni?
- Kako spriječiti da se to dogodi?
- Ima li boljeg načina da se to napravi?
- Ako napravimo ovo, što će se dogoditi?
- Kako možemo postići više, ili napraviti lakše?

Gotovo se svaki problem može staviti u formu pitanja. Međutim, ukoliko je problem ili pitanje previše uopćeno, biti će nemoguće upotrijebiti znanstvenu metodu za davanje odgovora ili rješenja. Što je problem određeniji veće su šanse da se nađe rješenje.

Primjer: Pretpostavimo da ste ribar. Možete se upitati:

- *Kako mogu uhvatiti više ribe?* - ovo pitanje nije od velike pomoći jer je previše uopćeno.
- *Kako mogu uhvatiti više ribe s mojom vršom?* - ovo je pitanje određenije i upućuje na razmatranje: oblika, materijala od kojega je vrša napravljena, mamca koji se koristi, mjesta i vremena spuštanja vrše u more.
- *Koja će vrsta mamca privući najviše riba u moju vršu?* - ovo je još određenije pitanje koje traženje odgovora čini znatno lakšim.

3. PRIKUPLJANJE INFORMACIJA

Da bismo mogli ponuditi rješenje za neki postavljeni problem, odnosno odgovoriti na pitanje, potrebno je nešto doznati o tom problemu. Dakle, prije

postavljanja hipoteze potrebno je sakupiti neke informacije o problemu. Što je već poznato o tom problemu? Koje informacije mogu pomoći u rješavanju problema? Koja su znanstvena istraživanja već rađena na tom problemu ili problemu koji je s njim povezan?

Kako prikupiti ove informacije? Različiti su izvori informacija: proučavanje literature (knjige, časopisi, enciklopedije); razgovori i interviewi s ljudima koji nešto znaju o tom problemu; vlastita iskustva; obilazak muzeja, knjižnica i znanstvenih ustanova; opažanja i eksperimenti koji imaju za cilj skupljanje informacija. Naravno, metode i tehnike prikupljanja znanstvenih informacija predstavlja zadatak koji treba naučiti.

Istraživanje problema može često rezultirati redefiniranjem pitanja, tako da ona postanu jasnija i određenija. Na primjer, umjesto početnog pitanja: *Što uzrokuje tumor kod morskih kornjača?*, nakon uvida u literaturu pitanje se može reformulirati u slijedeće: *Koja je veza između zagađenja mora i pojave tumora kod morskih kornjača?*

Ponekad znanstvenici mogu dati odgovore na važna znanstvena pitanja samo na temelju pažljivih promatranja organizama i prirodnih procesa tijekom dugog vremena. Pri tome razlikujemo kvalitativna opažanja (ono što se može opisati samo korištenjem riječi; opisno) i kvantitativna opažanja (ono što se može opisati korištenjem konkretnih brojčanih podataka).

4. POSTAVLJANJE HIPOTEZE

Jednom kada se problem definira, što je moguće određenije, počinjemo razmišljati i o njegovom rješenju. Nakon istraživanja problema, pretraživanja literature i svih dostupnih informacija vezanih za problem, znanstvenik pokušava dati privremeno, najvjerojatnije rješenje problema koje se zove hipoteza. Prisjetimo se ranije definiranog problema (pitanja): *Je li sunce bitno za život biljaka?* Nakon istraživanja problema i prikupljanje informacija lako je moguće da bi naša hipoteza mogla imati slijedeći oblik: *Svjetlo je biljkama neophodno za život.*

Riječ hipoteza je skovana od dviju grčkih riječi: *hipo* što znači ispod, i *thesis* što znači ideja. Dakle doslovni prijevod riječi hipoteza bio bi *podloga ideje*, što bismo

slobodnije mogli prevesti kao objašnjenje ili rješenje problema, odnosno odgovor na pitanje (ono na čemu se temelji neka ideja).

Hipoteza ne mora uvijek biti ispravna. Najveći dio vremena koji se utroši na znanstveni rad je upravo pokušaj da se odredi valjanost hipoteze. Najvažnija značajka znanstvene hipoteze je da je ona *provjerljiva* i da *ju se može odbaciti kao netočnu*. Ako se hipoteza ne može testirati, onda znanost ne može dati odgovor na pitanje o njejoj ispravnosti. Na primjer, hipoteza *Bog je uvijek budan* je neprovjerljiva, dok je hipoteza *Mladen je uvijek budan* provjerljiva (dovoljno je Mladena jednom uhvatiti na spavanju pa da se hipoteza odbaci kao pogrešna).

Vrlo često možemo zamisliti različite mogućnosti ili objašnjenja koja se temelje na tome što već znamo o tom problemu. Dakle, moguće je da moramo izabrati između dva ili više rješenja koja se na prvi pogled mogu činiti jednako dobra. Pri tome je važno definirati kriterije za procjenu što je dobro, a što loše rješenje. Npr. dobar put za penjanje na planinu za čovjeka ne mora biti dobar za konja ili za automobil. Čovjek može preferirati strmiji ali kraći put, dok je za automobil bolji duži ali manje strm put. Naš način razmišljanja o problemima ovisi o našem obrazovanju, temperamentu, kulturnom nasljeđu (npr. kineska ili zapadnjačka medicina).

Dakle, vrlo često znanstevici mogu ponuditi više mogućih rješenja problema (štoviše, to je često vrlo poželjno) i tada govorimo o *alternativnim hipotezama*.

5. TESTIRANJE HIPOTEZE

Prognoza

Osim provjerljivosti, druga važna značajka hipoteze je mogućnost davanja *prognoze*. Svaka hipoteza mora omogućiti pravljenje prognoza vezanih za fenomen ili proces koji se istražuje. Korištenjem logike i empiričkih dokaza moguće je testirati koliko su te prognoze točne. Samo one hipoteze koje uključuju prirodne procese i prirodne zakone mogu biti testirane. Hipoteze koje uključuju natprirodna objašnjenja za pojave ne mogu biti testirane, one leže izvan znanosti i njihovo je postojanje ili nepostojanje irelevantno za znanost.

Prognoza je dakle način na koji se hipoteza može testirati. Ukoliko je hipoteza pažljivo postavljena, tada se precizno zna što se može prognozirati. Prognoza sadrži tri dijela:

1. Ukoliko je hipoteza točna
2. tada će se dogoditi _____ (*prognoza*)
3. unatoč _____ (neka eksperimentalna *manipulacija*)

Manipulacija je ono što znamo da bi moglo pokazati da hipoteza nije točna.

Na primjer:

1. Ako Mladen spava
2. tada će njegovo disanje biti usporeno čak i ukoliko
3. škakljem njegov vrat perom

Ukoliko se ova prognoza ostvari tada nemamo razloga odbaciti hipotezu. Međutim, vrlo često je odbacivanje hipoteze rezultat kojeg priželjkujemo.

Svaka hipoteza uključuje *subjekt* koji se ispituje ili testira, varijablu koja se varira (nezavisna varijabla), varijablu koja se mjeri (zavisna varijabla), te očekivani rezultat. Općeniti oblici hipoteza su slijedeći:

1. Postoji direktna veza između nezavisne i zavisne varijable
2. Nezavisna varijabla uzrokuje značajan porast/pad zavisne varijable
3. Nezavisna varijabla uzrokuje zavisnu varijablu

Gornja tri oblika hipoteza se mogu svesti na slijedeće:

Ukoliko je subjekt izložen (tretiran) nezavisnom varijablom, tada će to rezultirati zavisnom varijablom.

Dakle, prognoza u pravilu ima oblik "Ako onda" (ako je hipoteza točna, onda se može očekivati određeni rezultat - *prognoza*).

Prošli događaji se ne mogu testirati!

Vrlo je važno shvatiti da se događaji koji su prošli ne mogu testirati. Prošli se događaji mogu rekonstruirati prikupljanjem dokaza i informacije, ali se ne mogu testirati (npr. evolucija).

Primjer: Dolazite kući kasno navečer, dolazite do kućnih vrata, otključavate ih, pritišćete prekidač, ali svjetlo se ne pali. Što sad. Razmišljate o mogućem razlogu i iako toga niste svjesni funkcionirate kao znanstvenik: provjeravate je li lampa uključena u struju, je li žarulja izgorjela, da li je lampa pokvarena.

Evo dvije hipoteze koje se temelje na prošlim događajima pa ih zbog toga nije moguće testirati:

Hipoteza 1: Duh lampe je u početku bio ljut na nas. Nakon što smo mijenjali lampu, provjeravali žicu i prekidač i osigurač, duh se sažalio i upalio svjetlo.

Hipoteza 2: Duh nije primjetio da želimo upaliti svjetlo jer je u to vrijeme spavao.

Što je Ockhamov princip?

Ockhamov princip je vrlo koristan alat kada moramo odlučiti između više mogućih objašnjenja, hipoteza ili teorija. Ovaj je princip uveo William Ockham u 14. st. i on glasi: *Pluralitas non est ponenda sine neccesitate* ili prevedeno *Entitete ne treba nepotrebno multiplicirati* ili pojednostavljeno *ne komplicirajmo stvari*

Kada imamo dvije moguće hipoteze (teorije) koje daju različite prognoze onda je lako provjeriti koja je od njih bolja (npr. Kopernikove kružne putanje vs. Keplerove eliptične). Međutim, ima hipoteza koje daju iste ili vrlo slične prognoze i ovdje je Ockhamov princip vrlo koristan. Razmotrimo, na primjer, ove dvije teorije:

1. Planeti se oko sunca okreću po elipsama zato što postoji privlačna sila između njih i sunca i ta sila opada s kvadratom udaljenosti.
2. Planeti se oko sunca okreću po elipsama zato što postoji privlačna sila između njih i sunca i ta sila opada s kvadratom udaljenosti. Ta sila potječe od malih moćnih svemiraca.

Obje teorije daju iste prognoze u pogledu gibanja planeta. Druga teorija ima nepotreban balast koji nije neophodan za opisivanje sustava.

Modernim riječnikom kazano Ockhamov princip znači: *Ukoliko imamo dvije hipoteze (teorije) koje obje objašnjavaju uočeni fenomen, tada bi trebalo odabrati onu hipotezu (teoriju) koja je jednostavnija, sve dok se ne pojave novi dokazi. To,*

naravno, ne garantira da će jednostavnija hipoteza (teorija) biti ispravna, već samo određuje prioritete.

Sličan princip za razotkrivanje zavjere je Hanlonov princip koji kaže: *Nikad ne pripisuj zlobi (pakosti) ono što se jednostavno može objasniti glupošću.*

Primjer:

Nudim vam opkladu da sam težak 200 kg.

Stanem na vagu i ona zaista pokazuje 200 kg

Izaberite najjednostavnije objašnjenje:

1. Zaista težim 200 kg
2. Težim 80 kg i imam 120 kg utega u džepovima
3. Gravitacija je ispod vage jača nego bilo gdje drugdje
4. Našalio sam se s vagom (pomakao skalu) da bi dobio opkladu.

Provođenje testa

Hipoteza se može testirati na dva načina: pomoću *eksperimenta*, te provođenjem daljnjih *opažanja*. Zbunjujuća značajka znanosti je u tome što se u svim znanstvenim poljima do zaključaka ne dolazi na isti način. Fizika i kemija, na primjer, najčešće koriste *eksperimentalnu formu* znanstvene metode, koja se sastoji u oblikovanju eksperimenta koji kao rezultat daje numeričke podatke. Štoviše, u znanosti se ovo navodi kao jedini mogući način testiranja hipoteze. Međutim, postoje brojni problemi koji se ne mogu istraživati eksperimentalno (npr. problemi vezani za zvijezde, galaksije, formiranje planina, prošli događaji u evoluciji itd.). Dakle, neke više opisne znanosti kao zoologija ili antropologija koriste druge oblike znanstvene metode koji se sastoji u prikupljanju informacija putem promatranja, opažanja, interviewa itd. Ipak, ono što je uvijek zajedničko to je postavljanje hipoteze kojom se nudi objašnjenje, skupljanje podataka, testiranje hipoteze i donošenje zaključka.

Eksperiment

Ono što eksperimentalnu znanstvenu metodu čini mogućom je postojanje *uzročno-posljedičnog* odnosa. Eksperimentalna znanost je zapravo traženje uzročno-posljedičnih odnosa u prirodi. Hipoteza je u tom slučaju najbolja moguća pretpostavka kakav je taj uzročno-posljedični odnos. Ne mogu se sva pitanja ispitivati

eksperimentalnom znanstvenom metodom, ali u ovom slučaju test kojim se provjerava hipoteza naziva se *eksperiment*.

Eksperiment je jedan od ključnih koraka u znanstvenoj metodi i može se definirati kao *organizirani skup procedura kojima se želi utvrditi da li hipoteza može riješiti problem*. Eksperiment unosi manipulaciju i uspoređuje dobiveni rezultat s rezultatom kontrolnog eksperimenta, koji je potpuno jednak eksperimentu samo što nema manipulacije. Dakle, hipoteza mora biti testirana u *kontroliranom eksperimentu* u kojem se *eksperimentalna grupa* uspoređuje s *kontrolnom grupom*.

Osnova svakog znanstvenog istraživanja je oblikovanje eksperimenta kao logičnog postupka za dobivanje informacija i njihovu procjenu. Eksperiment je metoda kojom znanstvenik provjerava ispravnost hipoteze. Pri tome je sposobnost znanstvenika da jasno postavi ključna pitanja i da ih formulira u provjerljivu hipotezu od presudne važnosti za uspjeh istraživanja.

Vrlo često eksperimentalna provjera nekih hipoteza zahtijeva određene procjene ili pretpostavke. Kada su one dio nekog eksperimenta one moraju biti jasno definirane. Svaka se procjena temelji na nekom tipu podataka.

Kako bismo mogli organizirati eksperiment za provjeru hipoteze: *Svjetlo je biljkama neophodno za život*. Najbolji način da se to provjeri eksperimentom je da se određeni broj biljaka uzgaja na svjetlu, a određeni broj biljaka u mraku. Ukoliko biljke u mraku uginu hipoteza je potvrđena.

Za dobar su eksperiment bitna tri faktora:

1. Svaki eksperiment mora uključivati prikladnu *kontrolu* (eksperimentalna skupina, kontrolna skupina). Kontrola ima isti tretman kao i eksperiment osim faktora koji se testira, koji se primjenjuje na eksperimentalnu grupu ali ne i na kontrolnu.
2. Eksperiment se mora ponoviti dovoljno puta (više *replikacija*) kako bi usporedba između eksperimentalne i kontrolne grupe bila moguća. Replikacije omogućavaju statističku usporedbu, a što ih je više to je stupanj preciznosti veći.
3. Eksperiment mora biti dizajniran na način da se izbjegne pristranost (predubjeđenje znanstvenika, ili mogućnost da neki instrument ili metoda utječu na rezultat).

Oblikovanje eksperimenta:

Kada točno znamo što treba testirati, tada možemo pristupiti mjerenjima ili eksperimentima koji će potkrijepiti objašnjenje, ili će pokazati da je ono pogrešno. Dizajniranje dobrog eksperimenta nije nimalo jednostavan zadatak. Rezultat eksperimenta koji treba potvrditi ili nepotvrditi hipotezu mora imati samo jedan uzrok. Ukoliko je moguće više od jedne interpretacije tada problem neće biti riješen. Najvažnije za eksperiment je to da se u njemu mijenja (varira) samo jedna stvar, ona koju testiramo, dok sve drugo mora biti jednako.

Važni elementi eksperimenta su:

1. *Kontrola* - Eksperiment koji je identičan pravom eksperimentu s tim da se ono što testiramo u kontroli ne mijenja.
2. *Replikacije* - Mnoge se stvari događaju slučajno (po zakonu vjerojatnosti) (npr. potpuno iste vrše s istim tipom mamca bačene na isto mjesto u isto vrijeme neće uhvatiti jednaki broj riba). Da bi eksperiment nešto dokazao razlika između eksperimenta i kontrole mora biti veća od razlike koja može nastati slučajno. Što je eksperiment više puta ponovljen, veća je vjerojatnost da će zaključak o tome ima li razlike između eksperimenta i kontrole biti točan (tj. to manja razlika će biti detektirana). Što je pojava koju istražujemo varijabilnija potrebno je više replikacija.
3. *Ponovljivost* - Bilo tko, bilo gdje trebao bi biti u mogućnosti da ponovi eksperiment i da pod istim uvjetima dobije isti rezultata. Ukoliko eksperiment nije ponovljiv vjerojatno je postojala neka skrivena varijabla koja nije bila kontrolirana. Potrebno je pronaći tu varijablu i potom pažljivije planirati eksperiment. Eksperiment se može najprije napraviti na maloj skali, a potom na velikoj (premda samo povećanje skale može stvoriti nove probleme; npr. rast biljaka u malim posudama ide dobro, ali ne i na velikom polju zbog pojave štetočina).

Znanstvenik tijekom eksperimenta mora voditi detaljne bilješke. Podaci mogu biti:

- Deskriptivni (opisni) - opisi što se dogodilo, greške, neočekivani događaji
- Numerički (brojčani) - mjerenja koja je obavio instrument ili čovjek. Opažanja ili podaci u eksperimentu moraju biti mjerljivi ili kvantitativni kako bi se mogla napraviti statistička analiza.

Varijable u eksperimentu:

Sve varijable su iste u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi osim varijable koja se testira i koja se naziva *eksperimentalna varijabla*. To je varijabla s kojom se manipulira kako bi se ispitao (testirao) njen utjecaj. Kontrolna grupa je standard u odnosu na koji se uspoređuju rezultati dobiveni u eksperimentalnoj grupi. Eksperimentalna varijabla se obično naziva *nezavisna varijabla* i ona je ta koja se varira kako bi se vidjelo što će se dogoditi (u eksperimentu se smije varirati samo jedna varijabla). Efekti ili promjene koje će se dogoditi zbog promjena nezavisne varijable predstavljaju *zavisnu varijablu*. Sve ostale varijable se održavaju istima u obje grupe kako bi se njihov utjecaj eliminirao, i one se nazivaju *kontrolirane varijable*. Kontrolirani eksperimenti obično testiraju uzročno posljedične odnose.

Opažanja i modeli

Hipotezu nije uvijek moguće testirati pomoću eksperimenta. Eksperimentalni je tip istraživanja tipičan za fizičare, kemičare i psihologe. Međutim neke znanosti kao što su geologija, oceanologija, ekologija itd., često ne koriste laboratorijske eksperimente, već je njihov laboratorij priroda ili sam planet Zemlja. Da bi testirali svoje hipoteze ovi se znanstvenici često koriste *modelima*. U tom slučaju znanstvenici konstruiraju modele koji prognoziraju određene rezultate i potom testiraju te modele na način da te rezultate usporede s onim što se događa u prirodi. Ovisno o tome hipoteza se prihvaća ili odbacuje.

Isto tako, kada proučavamo svemir, eksperiment nije moguć. Sve informacije su dobiveni kroz opažanja i mjerenja, a teorija se postavlja kroz uočavanje određenih pravilnosti u opažanjima, što se onda može pretočiti u fizikalne zakone. Jedna od važnih karakteristika znanstvene hipoteze je to da mora postojati način (eksperimentalni ili neki drugi) da se dokaže da je ona pogrešna.

Primjer:

Hipoteza da na Mjesecu žice mali zeleni, ali su oni nevidljivi, neuhvatljivi i ne mogu se ničim detektirati nije znanstvena hipoteza, jer nema to svojstvo da se njena neistinitost može dokazati. S druge strane teorija da na mjesecu ne žive mali zeleni ima svojstvo da njena neistinitost bude dokazana. Naime, teoriju je lako odbaciti ukoliko uhvatite jednog malog zelenog. Slična je stvar s UFO, jetijem, Loch Nessom

itd. **Zapamtimo:** *Za hipotezu se može dokazati da je pogrešna, ali nikada da je 100% točna!*

Analiza

Kako usporediti rezultate između eksperimenta i kontrole. Eksperiment se treba ponoviti više puta kako bi se izbjegle slučajne greške. U većini statističkih procedura u biologiji dopušta se greška od 5%. To znači da se u 20 ponovljenih eksperimenata može jednom dogoditi da eksperiment nije u skladu s hipotezom, a da hipotezu još uvijek držimo ispravnom ($1/20 = 0.05 = 5\%$). Dakle, ta greška u eksperimentu se smatra slučajnom. Prema tome kada je hipoteza statistički potvrđena uvijek je važno kazati s kojim je stupnjem značajnosti potvrđena (koliko je vjerojatno da je istinita).

Odluka

Nakon statističke analize na nama je odluka, odbaciti ili prihvatiti hipotezu. Ako je vjerojatnost da smo u krivu veća od 5%, hipoteza se obično odbacuje; ako je ta šansa manja od 5% hipoteza se prihvaća (kriteriji mogu biti i stroži; npr. testiranje lijekova). Međutim, prihvaćanje hipoteze ne znači da je ona i dokazana. Potpuni dokaz hipoteze je ukoliko je šansa za grešku jednaka nuli. U pravilu šansa za grešku uvijek postoji, ma koliko mala bila, što znači da se zapravo ništa na može potpuno sigurno dokazati.

Da li znanstvenika zabrinjava odbijena hipoteza. Najčešće ne. Znanstvenici u pravilu imaju više hipoteza pa ih eliminacija jedne hipoteze dovodi jedan korak bliže cilju.

6. ZAKLJUČAK

Nakon što je hipoteza testirana, zaključak u najjednostavnijon verziji može biti: *da* hipoteza je ispravna ili *ne* hipoteza je pogrešna. Ukoliko je testiranje pokazalo da je hipoteza pogrešna, ona mora biti odbačena, tj. mora biti napravljena nova hipoteza ili modificirana stara. Nova hipoteza mora ponovo biti testirana. Ukoliko je hipoteza prošla test, ona postaje *potvrđena hipoteza* i može biti objavljena. Nakon njene objave, drugi znanstvenici imaju priliku testirati tu hipotezu. Ako ona prođe i druge testove ona postaje visoko potvrđena hipoteza i može se smatrati pouzdanim

znanjem ili čak *znanstvenom činjenicom* (nešto za što postoji toliko dokaza da je iracionalno sumnjati u to; npr. gravitacija, evolucija, pomicanje kontinenata, širenje svemira itd.).

Znanstvenici se kod donošenja zaključaka koriste dvjema metodama:

1. *Induktivna metoda* - na temelju specifičnih (pojedinačnih) opažanja (podataka) doći do općeg zaključka (od pojedinačnog do općeg). Induktivna se metoda često smatra jedinom pravom znanstvenom metodom. Slavni detektiv Sherlock Holmes je bio pravi majstor u procesu induktivnog zaključivanja. Stavljajući sve činjenice i dokaze na hrpu dolazi je do nevjerojatnih objašnjenja događaja.
2. *Deduktivna (hipotetsko-deduktivna) metoda* - od općeg k pojedinačnom (odbacivanje svega što ne može biti istina). Često koristi *Ako onda* logiku. Deduktivni proces se često koristi prilikom testiranja hipoteze ili objašnjenja (Dr Watson je je za razliku od slavnog detektiva koristio deduktivnu metodu).

Primjer:

Našli ste nepotpisanu poruku:

1. Induktivna metoda - čiji je rukopis, tko bi mogao ostaviti poruku tog sadržaja itd.
2. Deduktivna metoda - eliminirati sve koji nisu poslali poruku

Induktivno rezoniranje (od pojedinačnog do općeg):

- stanice ima miš
- stanice ima mrav
- stanice ima slon
- **stanice imaju sve životinje**

Deduktivno rezoniranje (od općeg do pojedinačnog):

- svi organizmi imaju stanice
- ljudi imaju stanice (to je prognoza za pojedinačni slučaj koja se temelji na općoj premisi
- ako onda logika - ukoliko je točno da biljke ne mogu živjeti bez svjetla, ako stavimo moj fikus u mrak on će uginuti

7. ZNANSTVENA TEORIJA

Zadnji korak u znanstvenoj metodi je postavljanje *znanstvene teorije* kao jedinstvenog i konzistentnog objašnjenja fundamentalnih prirodnih procesa i fenomena, a njeno se postojanje temelji na potvrđenim hipotezama. Znanstvena teorija se može definirati kao *opće prihvaćeno objašnjenje za neki prirodni fenomen*. Teorija predstavlja okvir unutar kojega su opažanja objašnjenja i unutar kojega se prave prognoze. Nakon što smo nizom eksperimenata dokazali da je svjetlo neophodno za život biljke koju smo koristili u eksperimentu, te nakon što je eksperiment dao isti rezultat s još nekoliko vrsta biljaka, znanstvena teorija koja iz toga proizlazi bi mogla glasiti: *Sunce (svjetlo) je bitno za život svih zelenih biljaka*.

Razmotrimo na jednom primjeru nastanak teorije:

Fred Kremenko je naš zamišljeni junak iz prahistorije. Fred je bio vrlo gladan pa je podgao s tla prvi predmet koji je ugledao i provjerio da li je jestiv. To je bio kamen. Razočarani Fred ga je bacio u zrak ali mu je ona pao ravno na palac. Fred je bio pametan momak pa je zaključio:

Teorija 1: *Kada bacim kamen on padne na zemlju*

Nakon toga je Fred naišao na komad drveta i nakon što je ustanovio da je i on nejestiv, i njega je bacio u zrak, ali je i on poput kamena pao nazad na zemlju. Fred je zaključio:

Teorija 2: *Kada bacim bilo što to padne na zemlju*

Uočimo da sada nemamo dvije teorije, nego samo jednu. Naime, teorija 1, iako je i dalje točna, više nije potrebna. Teorija 1 je sada *specijalni slučaj* teorije 2.

Naš je Fred u svom lutanju zemljom naišao na stvorenje koje bi svaki put pobjeglo kad bi mu se približio. Bila je to ptica. Shvatio je da mora napraviti zamku, te ju je konačno uhvatio. Dok je čerupao primjetio je da mala perca ne padaju na zemlju već lete prema gore. Fred je zaključio:

Teorija 3: *stvari koje su lakše od zraka se podižu prema gore. Stvari koje su teže od zraka padaju dolje.*

Uočimo da opet imamo samo jednu teoriju koja je općenitija i objašnjava sve. Teorije 1 i 2 su specijalni slučajevi teorije 3.

Iz ovog primjera proizlazi nekoliko poučaka:

POUČAK 1: Znanost se sastoji od dva procesa: dedukcija i indukcija. Dedukcija ide od općeg k specifičnom (pravljenje prognoze na temelju teorije). Indukcija ide od specifičnog k općem (na temelju svih sakupljenih podataka i opažanja stvoriti novu teoriju). Zgodna stvar s dedukcijom je to da ako smo u pravu (ako je teorija točna) zaključak će uvijek biti ispravan. Kod indukcije, bez obzira kako to dobro radili, u rezultat nikada ne možemo biti posve sigurni (a često je i pogrešan). Ipak, prava se znanost prvenstveno temelji na indukciji.

POUČAK 2: Znanstvenici provode dosta vremena u pravljenju prognoza, nadajući se da su njihove teorije točne. Međutim oni zapravo prilikom toga ne uče previše. Pravo se učenje događa onda kada se pokaže da prognoza nije točna. Često i sami znanstvenici odbijaju povjerovati u neke ključne rezultate koji vode k novim teorijama (**Poučak 2:** *Znanstvenici su isto samo ljudi*).

POUČAK 3: Pogrešne teorije su također korisne. Svaka je teorija jedna cigla u gradnji nove bolje, šire i općenitije teorije. Svaka je teorija korisna sve dok je koristite u onom dijelu ili rasponu unutar kojega je ona ispravna. Gotovo sve što danad gradimo temelji se na fizici 19. st., za koju danas znamo da je u osnovi bila pogrešna gotovo 100 godina. Ali ta fizika je korisna za proizvodnju automobila, raketa i pravljenje mostova ili za bilo što drugo što nije "pre brzo", "pre veliko" ili "pre malo".

POUČAK 4: Ponekad nas znanost toliko zaokupi da zaboravimo jesti. Bojim se da se to dogodilo našem Fredu.

Koja je razlika između činjenice, teorije i hipoteze

Hipoteza je radna pretpostavka čija se točnost testira. Ukoliko hipoteza prođe test ona postaje teorija. Teorija je za znanstvenike konceptualni okvir za objašnjenje postojećih opažanja i prognoze drugih.

Istina i dokaz u znanosti

Eksperimenti ponekad proizvode rezultate koji se ne mogu objasniti postojećom teorijom. Zadatak znanstvenika je da proizvedu novu teoriju koja će zamijeniti staru. To ne mora značiti da je stara teorija pogrešna ili neistinita, već to znači da je stara teorija imala ograničenu primjenjivost te da ne može objasniti nove podatke. Nova teorija može objasniti postojeće podatke, što ne znači da će moći objasniti i sve buduće podatke. U nekim slučajevima nova teorija nije samo proširenje stare, već predstavlja potpuno novi pogled na funkcioniranje prirode.

Neki primjeri velikih konceptualnih promjena u objašnjavanju nekih fenomena:

1. Einsteinova teorija u odnosu na Newtonovu
2. Plosnata vs. sferična Zemlja
3. Geocentrički vs. heliocentrički model
4. Biološka evolucija vs. kreacionizam
5. Statični vs. mobilni kontinenti

Znanstvene teorije imaju različit stupanj pouzdanosti i mogle bi se poredati na skali pouzdanosti. Neke su teorije u blizini vrha te skale (npr. teorija gravitacije koja se temelji na ogromnom broju dokaza), ali nijedna teorija nikada ne dostiže vrh (nikada nije u potpunosti pouzdana).

Ukoliko se znanstvene teorije mijenjaju, gdje je onda istina?

Isac Newton je 1666 postavio teoriju gravitacije. Sva testiranja njegove teorije ukazala su na njenu točnost. Dakle, Newtonova je teorija bila "istina". Tijekom 19. St. precizniji su instrumenti pokazali da postoji malo neslaganje između Newtonove teorije i opažanja. Potom je Albert Einstein postavio teoriju relativnosti, i testiranja te teorije su pokazala da je ona "istinita". Dakle, pitanje je kako je moguće da se istina mijenja? Odgovor je jednostavan. Istina se ne mijenja. Kada kažemo da je teorija "istinita" to znači da je ona *u skladu sa svim poznatim eksperimentalnim dokazima*.

Nijedna teorija nije do kraja kompletna, ali teorija u danom trenutku predstavlja najbolju moguću aproksimaciju istine.

KAKO NAPRAVITI ZNANSTVENO ISTRAŽIVANJE I KAKO NAPISATI ZNANSTVENI RAD?

I. ZNANSTVENO ISTRAŽIVANJE

A) IZBOR TEME ISTRAŽIVANJA

Kako započeti istraživanje? Prvi je korak odabrati temu istraživanja. Što želimo istraživati? Imali to smisla istraživati? Je li to važno? Je li znanstveno zanimljivo i intrigantno? Izbor teme je vrlo važan korak u znanstvenom radu, pa ćemo u nastavku iznijeti neke preporuke koje mogu biti od pomoći.

1. Izbor topika (teme znanstvenog istraživanja)

- Izaberi topik koji te zanima i o kojem bi želio naučiti više
- Izaberi topik koji tvoj profesor odobrava
- Suzi odabranu temu na jedan aspekt
- Pažljivo i pametno planirajte vrijeme kako bi rad završili u predviđenom roku
- Prije nego započmete, dajte čitav projekt na uvid profesoru
- Dogovorite se prije početka rada za sav potreban materijal i opremu koja će vam trebati

2. Kako suziti temu ili što čini dobar projekt?

- Ideja za istraživanje je zanimljiva i navodi na razmišljanje
- Moguće je napraviti test u pronalaženju odgovora na pitanje
- Možeš sam realizirati projekt bez velike pomoći profesora i drugih ljudi
- Istraživanje nije opasno za ljude, životinje, niti za vas same
- Dok radite na projektu on vas tjera da razmišljate o novim idejama (otvara nova pitanja)

3. Kako naći dobru ideju za projekt?

- Pogledajte listu znanstvenih polja i izaberite ono što vas najviše zanima, a zatim temu suzujte do forme prikladne za projekt (PRIMJER: Fitoplankton

⇒ Sezonske oscilacije ⇒ Da li se sastav fitoplanktona bitno mijenja na sezonskoj skali)

- Koristite svoja iskustva (sjetite se da ste nekad poželjeli doznati kako nešto funkcionira, o čemu ovisi itd.). Prelistajte popularne znanstvene knjige, enciklopedije, časopise (Priroda, National Geographic), znanstveni filmovi itd.
- Razmislite o onome što je sada važno (tekući događaji). Pogledajte dnevne novine, TV - o aktualnim se problemima puno govori (glad, ozonske rupe, zagađenje)

B) PRIKUPLJANJE INFORMACIJA

Prije nego što krenete u vaše istraživanje potrebno je dobro proučiti problematiku kojom se namjeravate baviti. Brojni su izvori informacija: literatura, internet, znanstvene ustanove, muzeji, razgovori, televizija i video itd. Ipak, u znanstvenom radu najvažniji je izvor informacija literatura.

I. PROUČAVANJE LITERATURE

1. Razlika između primarnih i sekundarnih izvora podataka

Primarni izvori podataka su originalni znanstveni radovi (objavljeni u znanstvenim časopisima i knjigama), te izvješća o originalnim znanstvenim istraživanjima. *Sekundarni izvori podataka* su izvori koji se temelje na primarnim izvorima. Tu spadaju: enciklopedije, rječnici, udžbenici, popularni časopisi, monografije, pregledni radovi, apstrakti i indeksi.

2. Proučavanje literature započmite pregledom općih referenci, a potom predite na specijalizirane reference

3. Naučite se koristiti znanstvenim Abstractima i Indexima (npr. ASFA; CC; SCI itd.)

- Pretraživanje ovih publikacija se može obaviti na različite načine: preko ključnih riječi, autora, geografskog područja, taksonomskog indeksa itd.

4. Koristite popis literature u relevantnim primarnim resursima za nalaženje novih referenci

5. Kako doći do radova koje nemate u vašoj biblioteci

- Razmjenom između biblioteka
- Posudba
- Direktno kod autora (*Kartice za traženje radova*)

C) ČITANJE ZNANSTVENIH RADOVA

Nakon što smo prikupili literaturu ili paralelno s prikupljanjem literature, prikupljene radove treba pročitati, proučiti i obraditi. Evo nekih preporuka:

1. Upoznaj se s “backgroundom”

Najbolje je najprije pročitati općenitije radove koji će vas upoznati s širom problematikom u koju se može smjestiti vaša tema. Za to su osobito dobri *pregledni radovi*. Tek nakon upoznavanja s širim kontekstom, nastavite s čitanjem radova koji tretiraju užu problematiku.

2. Prvo pročitajte sažetak (apstrakt)

Sažetak bi trebao biti dovoljan da napravite selekciju; je li taj rad relevantan za vas ili nije. Na taj način možete relativno brzo pregledati veliki broj radova. Ako sažetak nije dovoljan, korisno je baciti pogled na *Uvod* i *Diskusiju*.

3. Uvod pruža korisne informacije

Ako vam se nakon čitanja sažetka rad učinio relevantnim za vaše istraživanje, tada pažljivo pročitajte *Uvod*. *Uvod* će vam dati vrlo korisne informacije o tome koja je svrha rada, te koje je hipoteze i prognoze autor postavio.

4. Ne gubite u početku previše vremena na Materijal i Metode

Nije nužno da odmah shvatite sve detalje vezane za metodiku koja je korištena u radu. Ako se pokaže da je rad za vas važan, vratit ćete se na metodiku kasnije kada za to dođe vrijeme.

5. Pažljivo pročitajte *Rezultate*, fokusirajući se na glavne točke

Ne paničarite ako ne razumijete sve detalje. Usmjerite svoju pažnju na glavne kvalitativne rezultate.

6. Poglavlju *Diskusija* posvetite osobitu pažnju

Pokušajte shvatiti autorove argumente. Da li podaci podržavaju zaključke? Što autor smatra najvećim doprinosom svoga rada? Kako se rad može iskoristiti za vaš vlastiti rad?

7. Radove koje smatrate najvažnijim pročitajte ponovo, ako treba i više puta

D) PRAVLJENJE BILJEŽAKA

Vrlo je važno da tijekom čitanja i proučavanja literature vodite uredne i sređene bilješke jer će vam to kasnije olakšati snalaženje s literaturom koja može biti vrlo brojna.

1. Literaturne kartice

Napravite kartice na koje ćete upisivati najvažnije informacije dobivene iz literature. Kartica mora sadržavati kompletnu referencu (Ime autora, naslov rada, časopis, volumen i broj stranica), te informacije vezane za sadržaj rada (najvažniji rezultati, ključne riječi, metodika itd). Kasnije te kartice možete poput igračih karata miješati i slagati po raznim kriterijima (po autoru, metodici, ključnim riječima, problematici, zaključcima itd). Umjesto fizičkih kartica (obično od kartona), danas sličnu svrhu možemo postići i korištenjem različitih programa za računala, čija je svrha pohrana različitih datoteka i njihovo brzo i jednostavno pretraživanje po različitim kriterijima.

2. Budite selektivni

Važno je razlikovati bitne informacije od nebitnih. Ako baš sve bilježite izgubit ćete puno vremena.

3. Napravite listu konzultiranih referenci

Korisno je paralelno s čitanjem literature sastavljati i listu pročitanih ili konzultiranih referenci. Ako to ne radite u hodu na kraju će vas čekati mukotrpan posao.

E) KAKO ZAPOČETI VLASTITO ISTRAŽIVANJE

1. Postavite pitanja (definirajte problem)

Započnite vaše istraživanje pitanjima koja će vas voditi k hipotezama ili prognozama. Vaše istraživanje mora imati jasno definiranu svrhu i ciljeve. U suprotnom ćete sakupiti veliku količinu informacija, a nećete imati ideju što s njima.

2. Formulirajte kako se vaša planirana istraživanja uklapaju u širi kontekst (širu problematiku)

3. Odredite ključne parametre koje ćete istraživati, tako da možete planirati metode koje ćete koristiti u obradi uzoraka i analizi podataka

4. Odlučite koje ćete varijable držati konstantnim ili kontrolnim, a koje će biti eksperimentalne

5. Nastojte da sakupljanje podataka (uzimanje uzoraka) bude obavljeno po principu slučajnosti (npr. svaki organizam ima jednaku šansu da bude uzorkovan)

F) KAKO NAPRAVITI EKSPERIMENT

- Postavite jasno problem (pitanje)
- Proučite sve činjenice vezane za problem
- Formulirajte jednu ili više hipoteza
- Dizajnirajte eksperiment
- Provedite eksperiment

- Odaberite metode mjerenja, opažanja i bilježenja onoga što se događa u svakoj fazi eksperimenta. Koristite pri tome metrički sustav mjernih jedinica.
- Uključite kontrolnu grupu ili grupu za usporedbu
- Planirajte vremenske rokove za svaku fazu eksperimenta
- Ne odbacujte negativne rezultate (izvucite korist iz njih)
- Neka vas neuspjesi ne obeshrabre - radite, korigirajte i ponavljajte eksperimente dok ne dobijete rezultate koji su konzistentni s hipotezom, koji su ponovljivi i provjerljivi.

G) MJERE SIGURNOSTI TIJEKOM EKSPERIMENTA

Brojni eksperimenti uključuju upotrebu opasnih organizama, kemikalija ili opreme, pa u rukovanju s njima treba poduzeti sve propisane mjere opreza. Slijedi spisak potencijalnih opasnosti tijekom izvođenja različitih eksperimenata:

- Biološke kulture (bakterije, virusi, gljivice itd)
- Kemijske tvari (toksične, agresivne)
- Električni i mehanički aparati (struja, visoki napon, mehaničke ozljede)
- Požar
- Radijacija
 - Laser
 - UV svjetlo
 - X-zrake
 - Mikrovalna zračenja
 - Radiovalovi visokog inteziteta
 - Radioaktivno zračenje (β , γ)

H) BILJEŽENJE I ORGANIZACIJA REZULTATA (PODATAKA)

Vrlo je važno tijekom istraživanja pažljivo bilježiti dobivene rezultate.

1. Oblikujte prikladne formulare za podatke

Odlučite koje ćete vrste podataka pratiti i prema tome planirajte formular za njihovo upisivanje. Ako se radi o terenskim istraživanjima potrebno je imati *terenske teke*.

I) ANALIZA PODATAKA

Dobivene podatke (rezultate) treba analizirati i pri tome je pravilno korištenje statistike vrlo važno.

1. Koristite na primjeren način statističku obradu podataka

- Temeljni statistički postupci s kojima ćete se nezaobilazno susretati su: *aritmetički srednjak, raspon, standardna devijacija, varijanca, standardna pogreška aritmetičke sredine, granice pouzdanosti*
- Vrlo će vas često zanimati da li se dvije ili više aritemtičkih sredina statistički značajno razlikuju (npr. da li se rezultat koji ste dobili u eksperimentalnoj grupi značajno razlikuje od rezultata dobivenog u kontroli), što se može analizirati *t-testom* (u slučaju dvije aritmetičke sredine) ili *analizom varijance (ANOVA)* (u slučaju više od dvije aritmetičke sredine). Ovdje je vrlo važno razumijevanje uloge *nul-hipoteze*, hipoteze koja kaže da nema razlike.
- Da biste analizirali da li postoji veza između dvije varijable i koliko je ta veza jaka izračunat ćete *koeficijent korelacije (r)*.

2. Provjerite da li vaši podaci udovoljavaju pretpostavkama statističkog testa kojeg koristite

Najvažnija pretpostavka za većinu osnovnih statističkih testova (*parametrički testovi*) je ta da su podaci *normalno distribuirani* (to znači da će vrijednosti podataka nacrtane u odnosu na njihovu frekvenciju dati karakterističnu zvonoliku krivulju). Prije upotrebe statističkog testa treba provjeriti da li vaši podaci udovoljavaju ovoj

pretpostavci (da li su *normalno distribuirani*). Ukoliko ne udovoljavaju treba primjeniti *neparametričke testove*.

- 3. Istražite koji su statistički paketi na raspolaganju u ustanovi u kojoj radite, te se obučite u korištenju tih paketa (npr. EXCEL, STATISTIKA, GRAPHER, SYSTAT itd.)**

J) PRIKAZIVANJE REZULTATA

Uobičajeni načini prikazivanja dobivenih rezultata su korištenje *tablica* i *grafova*. Tablice i grafovi nadopunjuju tekst i pomažu u razumijevanju teksta. Vrlo je važno izabrati najbolji i najprikladniji način za prikazivanje podataka. S druge strane, ne treba pretjerivati. Ne znači da se baš *svi* podaci moraju tabelirati ili nacrtati.

I. TABLICE

- 1. Tablice koristite da biste prikazali mnogobrojne brojčane podatke ili da biste sumarno prikazali neke tekstualne podatke**

Veliku je količinu podataka teško prikazati tekstualno, pa tablica u tom slučaju pruža veliku pomoć. Ukoliko želite pokazati trend ili neki drugi obrazac u vašim podacima tada tablica nije prikladna; umjesto nje koristite graf. Ukoliko neku informaciju možete lako izraziti tekstualno tada nema potrebe koristiti tablicu.

Na primjer:

Tablica 1. Nalaz biljne vrste x na 5 istraživanih lokacija

Lokacija	Prisutna (+) ili odsutna (-)
Lokacija 1	+
Lokacija 2	+
Lokacija 3	-
Lokacija 4	-
Lokacija 5	+

Gornja je tablica nepotrebna jer se njen sadržaj mogao jednostavno izraziti tekstualno na sljedeći način: *Vrsta x je nađena na 3 od 5 istraživanih lokacija.*

Tablica ne mora uvijek sadržavati numeričke podatke. Ponekad ona može poslužiti za sumiranje ili pregled nekih literaturnih podataka.

4. Tablice moraju biti numerirane

Tablice u radu moraju biti numerirane redosljedom kojim se spominju u tekstu. Čak ukoliko rad ima samo jednu tablicu ona mora biti numerirana.

5. Tablica mora imati naslov

Tablica mora biti razumljiva. Ona mora imati naslov koji sadrži sve potrebne informacije koje tablicu čine razumljivom čak i onda ako je promatramo izdvojeno od cijelog rada.

6. Koristite logičan format tablice

Slični elementi trebaju biti prikazani u stupcima, a ne u redovima.

Primjer:

Tablica 1

Vrsta	Vrsta 1	Vrsta 2	Vrsta 3	Vrsta 4
Broj jedinki	49.3	78.8	21.2	1.5
Suha težina	25.6	2.4	3.2	23.8

Tablica 2

Vrsta	Broj jedinki	Suha težina
Vrsta 1	49.3	25.6
Vrsta 2	78.8	2.4
Vrsta 3	21.2	3.2
Vrsta 4	1.5	23.8

Dvije navedene tablice prikazuju iste podatke, ali donja tablica ima logičniji oblik i lakše ju je čitati.

Važno je da broježani podaci u stupcima budu pravilno potpisani (npr. decimalne točke moraju biti jedna ispod druge)

7. Sadržaj tablice mora biti sažet

Nije potrebno da sve varijable budu uključene u tablici. Na primjer, ukoliko su neke varijable u svim eksperimentima bile konstantne tada ih ne treba navoditi u tablici, već u fusnoti ili naslovu tablice. U tablicama se često, radi uštede u prostoru, koriste skraćenice, koje u tom slučaju moraju biti objašnjene u fusnoti ili naslovu tablice. Jedinice se ne pišu iza savke vrijednosti u tablici, već u glavi iznad tog parametra.

8. Provjerite jesu li podaci u tablici konzistentni s tekstom

Ponekad se dogodi da je sadržaj tablice konfliktan s onim što stoji u tekstu.

II. GRAFOVI

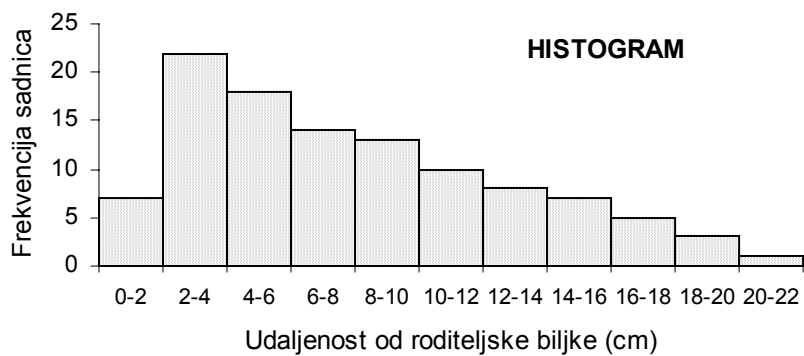
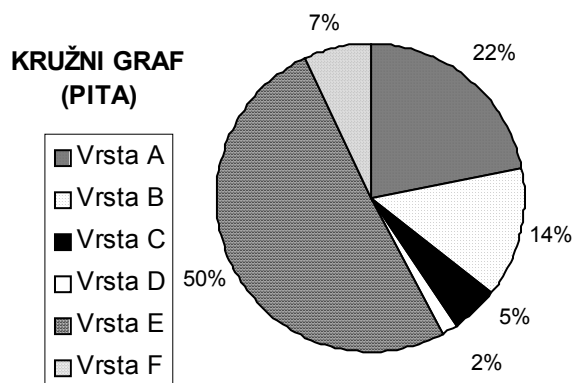
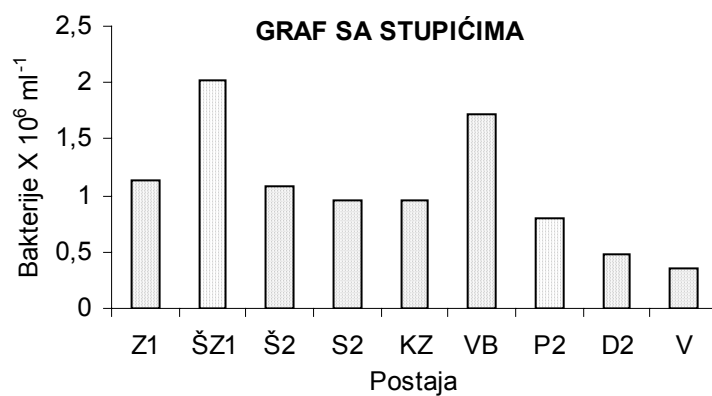
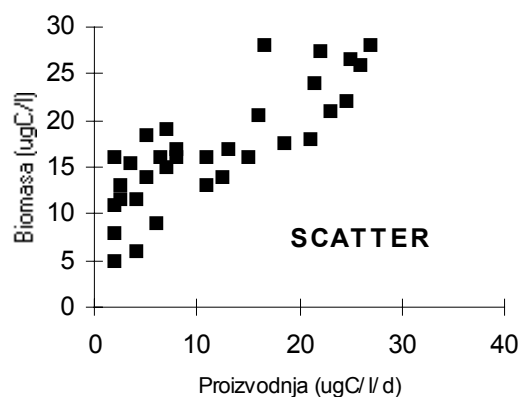
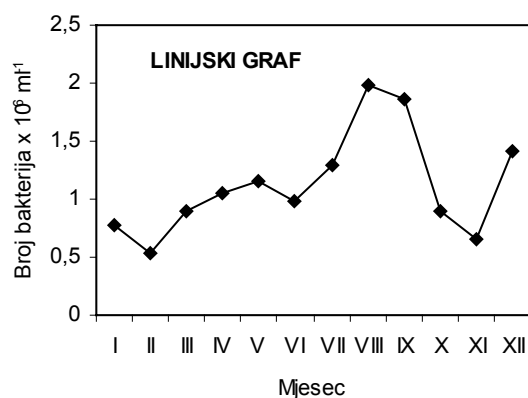
1. Grafove koristite da biste pokazali važne obrasce, trendove ili međusobne odnose između varijabli

2. Tipovi grafova

Postoje 3 osnovna tipa grafova: *linijski graf*, *graf sa stupcima (histogram)* i *kružni graf (pita)*. Kod grafova s linijama i stupićima imamo dvije osi, vodoravnu os (x-os ili *apscisa*) i uspravnu os (y-os ili *ordinata*). Te osi moraju biti obilježene imenom varijable koju prikazuju, te jedinicama mjere (metrički sustav). U pravilu se nezavisna varijabla prikazuje na osi x, a zavisna varijabla na osi y (zavisna varijabla je dakle funkcija nezavisne varijable, što znači da je ovisna o njoj)

1. *Graf sa stupićima* - dobar je za prikazivanje odnosa između grupa; dvije se grupe uspoređuju s tim da one ne utječu jedna na drugu. To je najbolji način da se prikaže velika razlika između grupa. Kod ovih grafova na osi x su nanesene kvalitativne kategorije (npr. različite vrste, područja ili godine). Posebnu vrstu ovog tipa grafa čini *histogram* koji se u pravilu upotrebljava za prikazivanje distribucija frekvencija.

VRSTE GRAFOVA



2. *Linijaki graf* - koristi se za prikazivanje kontinuiranih podataka; kako jedna varijabla utječe na drugu. Ovaj je tip grafa neophodan da bi se prikazao utjecaj nezavisne varijable na zavisnu. Ponekad se graf sastoji od točaka koje nisu spojene linijama (*scatterplot*) koji se koristi za prikazivanje korelacije ili snage veze između dviju varijabli. Ponekad se između tih točaka provuče pravac ili neka krivulja koja opisuje prirodu (oblik) veze između dviju varijabli (veza može biti linearna, eksponencijalna ili neka druga).
3. *Kružni graf (pita)* - koristi se da bi se pokazalo kako se dio nečega odnosi prema cjelini. Vrlo je dobar u pokazivanju postotaka.

3. Grafovi moraju biti numerirani

Kao i u slučaju tablica svi grafovi moraju biti numerirani logičnim redoslijedom pojavljivanja u tekstu. Vrlo često kod slanja rada u časopis grafovi moraju biti priloženi na posebnim papirima, dok se u tekstu naznači mjesti gdje pojedini graf dolazi.

4. Grafovi moraju biti razumljivi

Kao u slučaju tablica, grafovi moraju sadržavati sve informacije koje su potrebne da bi bili razumljivi. Osi grafa moraju biti označene s imenom varijable koja se prikazuje i jedinicama u kojima je vrijednost varijable izražena. Sve kratice na grafu moraju biti objašnjene u Naslovu grafa. Ako graf sadrži više različitih linija, točaka, stupića ili bilo kojih drugih simbola, tada mora imati *legendu* u kojoj je to objašnjeno. Svaki graf mora imati Naslov grafa koji sadrži sve informacije tako da graf može biti razumljiv sam za sebe čak i kad je izvučen iz rada.

5. Grafovi moraju biti precizni, jasni i ekonomični

Profesionalni časopisi postavljaju visoke standarde u pogledu kvalitete grafova, te određuju njihove dimenzije, veličine slova i oznaka na njima. Graf mora biti čitljiv i dobro uočljiv, ali ne smije nepotrebno trošiti dragocjeni (i skupi) prostor časopisa.

6. Graf ne smije biti zatrpan informacijama

Nikada ne stavljajte previše informacija na graf jer ona tada postaje nečitljiv i teško razumljiv. Jedno opće pravilo kaže da se na isti graf nikada ne stavlja više od 4 različita simbola i više od 3 različite linije. Ipak to ovisi o tome koliko su podaci međusobno slični (ako su vrijednosti prikazanih varijabli slične, tada se preklapaju pa će u tom slučaju i graf sa samo dvije linije biti nečitak). U tom je slučaju bolje napraviti više odvojenih grafova.

7. Varijabilnost rezultata

Kada graf prikazuje srednje vrijednosti (aritmetičke srednjake) varijabli tada je poželjno prikazati i varijabilnost rezultata (prosječno odstupanje rezultata od srednje vrijednosti). U tom slučaju se na grafu ucrtavaju mjere varijabilnosti (najčešće *standardna devijacija* ili *standardna pogreška aritmetičke sredine*).

8. Podaci prikazani grafički moraju biti konzistentni s vašom hipotezom

Grafovi ne smiju biti u konfliktu s tekstom.

9. Treba li točke na grafu uvijek spojiti linijom?

Ovisi o tome što želite prikazati. Ako se prikazuju kolebanja parametara u vremenu tada je točke bolje spojiti linijama. Ako se želi prikazati trend ili neki drugi obrazac u podacima (neka funkcija koja opisuje vezu između dvije varijable), tada točke ne treba spajati, već između točaka treba nacrtati datu funkciju koja najbolje opisuje vezu između varijabli.

II. PISANJE ZNANSTVENOG RADA

Znanstveni rad je pisani izvještaj o napravljenom istraživanju koji je organiziran u nekoliko dijelova (poglavlja). Glavni dio teksta može biti napisan tek nakon što su svi rezultati analizirani. Dobar pristup u organizaciji pisanja bio bi da se za svako poglavlje otvori poseban file. Dok je rad još u procesu nastajanja, treba bilježiti svaku novu ideju, pitanje ili problem, jer to može pomoći u stalnom poboljšavanju vašeg teksta. Sve zapišite, ne pouzdajte se u pamćenje! Pažljivo pročitajte uputstva časopisa za pisanje rada.

A. DIJELOVI ZNANSTVENOG RADA:

- *Naslov*
- *Apstrakt (Sažetak)*
- *Glavne riječi*
- *Uvod*
- *Materijal i metode*
- *Rezultati*
- *Diskusija*
- *Zaključak*
- *Zahvale*
- *Literatura*

Redosljed pisanja

Redosljed pisanja je individualna stvar svakog autora, ovisi o problematici, vrsti rada itd. Ipak, najbolje je započeti s poglavljem koje se čini najlakšim. Za mnoge je to *Materijal i metode*, dok drugi najviše vole započeti s *Rezultatima*. *Diskusiju* i *Sažetak* je obično najlakše napisati na kraju. Za *Literaturu* je najbolje da se radi postepeno paralelno s pisanjem ostalih poglavlja (kako koju referencu uvrstite u tekst, pridodate je listi), ali se na kraju mora pažljivo provjeriti.

I. NASLOV RADA

Naslov je neobično važan dio rada, puno važniji nego što se to na prvi pogled može pomisliti. Naslov je indikativan za rad, pogađa bit rada, sugerira sadržaj rada, a ponekad čak i otkriva najvažnije otkriće koje rad donosi. Naslov je važan jer brojni servisi za znanstvene informacije ponajviše ovise o naslovu i koriste ga za svoje potrebe. Kada znanstvenici pregledavaju literaturu, prva informacija koju dobiju je naslov rada, te vrlo često na temelju naslova odlučuju da li bi dati rad mogao biti od njihovog interesa. Vrlo često, dobar rad s lošim naslovom može ostati nezapažen od znanstvene javnosti.

Mnogi autori često naslov osmišljavaju na kraju kada je čitav rad završen. Drugi autori najprije definiraju radni naslov kako bi im on bio nit vodilja koja će ih voditi ka fokusiranju njihovih ideja. Na kraju, kada je rad završen radni se naslov može revidirati ako je to potrebno.

1. Smislite informativan i određen (specifičan) naslov

Naslov treba biti organiziran oko važnih riječi (*ključnih riječi*).

Primjer:

NEODREĐEN NASLOV: Ekološka studija nekih estuarija

ODREĐEN NASLOV: Sezonske oscilacije alga u tri estuarija na području srednjeg Jadrana

2. Naslov rada treba biti sažet (koncizan)

Iz naslova treba izbaciti sve nepotrebne ("prazne") riječi koje ništa posebno ne znače.

Primjer:

NEPOTREBNO OPŠIRAN: Studija o reproduktivnoj biologiji *Drosophile*, uključujući prijenos sperme, pohranu sperme i korištenje sperme.

SAŽET: Prijenos, pohrana i korištenje sperme kod *Drosophile*.

3. Naslov mora uključivati taksonomske informacije

Ako se rad odnosi na neku određenu vrstu (ili bilo koju drugu taksonomsku kategoriju) onda ona mora biti uključena u naslov. Naziv vrste mora biti na latinskom (pisan *kurzivom*), a ako postoji može se uključiti i narodni naziv vrste

Primjer:

NEODREĐENO: Učestalost parenja kod leptira

NEODREĐENO: Učestalost parenja kod *Papilio*

ODREĐENO: Učestalost parenja kod leptira iz roda *Papilio*

Prvi je naslov previše uopćen (osim u slučaju ako će autor zaista diskutirati učestalost parenja kod svih vrsta leptira, što je malo vjerojatno). Drugi je naslov konfuzan, pogotovo za čitatelje kojima kukci (pogotovo leptiri) nisu specijalnost, jer latinski naziv *Papilio* za njih ništa ne znači.

4. Izbjegavajte specijaliziranu terminologiju, "kovanice" i skraćenice u naslovu (osim opće poznatih kao što su npr. DNK, RNK, ATP itd.)

II. SAŽETAK (APSTRAKT)

Sažetak je kratko poglavlje (većina časopisa definira njegovu dužinu, ograničavajući je na 250 riječi ili manje). Dakle, kao što mu samo ime kaže sažetak treba biti sažet, koncizan prikaz rada koji u glavnim crtama govori o tome što se istraživalo i što se dobilo. Sažetak sumira glavne elemente rada: svrhu zašto je istraživanje rađeno, metode koje su korištene, glavne rezultate koji su dobiveni, te zaključke koji iz rezultata proizlaze. Dakle, sažetak čitatelju pruža dobru, ali ne sasvim detaljnu informaciju o rezultatima rada. Jedan od dobrih pristupa u pisanju sažetka je taj da se na jedan papir izvuku sve važne točke koje donosi svako od poglavlja. Od tako izvučenih rečenica se može složiti dobar sažetak. Sažetak je najbolje napisati na kraju kada je rad dovršen. Dobar sažetak mora činiti cjelinu koja stoji sama za sebe i koja je čitatelju razumljiva bez uvida u cijeli rad. Sažetak je vrlo važan iz istih razloga zbog kojih je važan *Naslov rada*, jer je sažetak, pored naslova, ono što znanstvenici prvo pogledaju kada pregledavaju literaturu.

III. KLJUČNE RIJEČI

Veliki broj znanstvenih časopisa traži da se iza sažetka navede nekoliko najvažnijih riječi koje se odnose na rad (*ključne riječi*). Te riječi ulaze u različite indekse i pretraživače literature i olakšavaju traženje potrebne literature.

IV. UVOD

Uvod stavlja rad u širi kontekst (pruža *background* informacije o problematici koju rad tretira; što se do sada o tom problemu istraživalo i što se doznalo). Uvod također definira i one aspekte problema koji su malo ili nedovoljno poznati. U uvodu autor vrlo jasno iznosi svrhu i glavne ciljeve rada. Uvod također služi autoru da iznese svoju hipotezu i prognozu. U uvodu, međutim, autor ne objašnjava kako je studija provedena, te ne daje svoje osobno mišljenje; to dolazi kasnije. Uvod je u pravilu najlakše napisati nakon što smo napisali radnu verziju *Materijala i metode* i *Diskusije*, jer nakon tih poglavlja dobivamo jasniju sliku o tome u što čitatelja treba uvesti.

1. Uvod sumira literaturna saznanja o problematici koju tretira rad

Dobar način organizacije ovog poglavlja je taj da se krene od općeg k specifičnom. Dakle, započnite s pregledom saznanja o široj problematici, a potom pređite na specifičan problem s kojim se rad bavi. Na taj način dajete dobar teoretski okvir svom radu i pripremate postepeno čitatelje za problematiku koja slijedi. Uvod ne bi trebao biti previše dug (on nije mjesto na kojem trebate iznijeti sve što znate o datoj problematici). U uvodu ne treba citirati sve moguće reference koje imate, jer se tako nepotrebno troši prostor časopisa, već se opredijelite na one najvažnije. U pravilu, uvod je relativno kratko poglavlje koje se sastoji od nekoliko paragrafa.

2. Jasno iznesite svrhu i glavne ciljeve istraživanja

U uvodu morate vrlo jasno iznijeti svrhu istraživanja (zašto ste uopće odabrali tu temu za svoje istraživanje, tj. zašto uopće pišete taj rad), te glavne ciljeve koje želite postići (koje nove znanstvene informacije očekujete od vašeg rada). Vrlo često zadnja rečenica uvoda daje svrhu rada i počinje: *Svrha ovog rada je ...*

V. MATERIJAL I METODE

U ovom poglavlju autor detaljno opisuje kako je napravio ono što je napravio (ali ne i zašto je to napravio i što je dobio). Ovo poglavlje sadrži vrlo detaljne podatke o tome kada i gdje je nešto rađeno, koje su metode korištene (detaljan opis metoda velika je pomoć drugim znanstvenicima), koji instrumenti, kako je eksperiment dizajniran itd. Na temelju tih informacija svatko mora biti u mogućnosti da to ponovi na u detalje isti način. Ipak, treba izbjegavati opisivanje stvari koje su čitatelju očite. Na primjer, ako kažete da ste u nekom istraživanju koristili video kameru ili foto aparat, to naravno ne znači da morate opisivati kako se s kamerom ili aparatom rukuje (npr. kako se namješta blenda i ekspozicija). Stil pisanja ne smije biti kao da dajete uputstva (npr. *Prvo odredite spol jedinke, pa nakon toga...*). Preporuča se pisati u pasivu (*Spol jedinke je određen metodom...*), ali nije isključeno ni pisanje u aktivu pri čemo koristimo prvo lice množine (*Spol jedinke smo odredili metodom...*).

1. Materijali

Materijali podrazumijevaju potpune i detaljne informacije o sljedećem:

- a) Potpune taksonomske informacije
- b) Ako su predmet istraživanja ljudi, potrebno je navesti dob, spol i druge značajke bitne za istraživanje
- c) Opis aparata, instrumenata, alata, uzorkivača i druge opreme
- d) Sastav, receptura i proizvođač kemijskih spojeva, hranjivih podloga, standardnih otopina i sl.

2. Metode

Pod metodama podrazumijevamo slijedeće informacije:

- a) Detaljan opis eksperimentalne procedure (dizajn eksperimenta, kako su izvršena mjerenja, što je bila kontrola itd.)
- b) Kod terenskih istraživanja treba navesti mjesto i vrijeme istraživanja (poželjno je priložiti geografske karte, mape ili fotografije)
- c) Navesti statističke metode koje su korištene u obradi rezultata. Uobičajene statističke metode se ne moraju objašnjavati, ali ukoliko se koriste neke specifične, manje uobičajene, metode tada ih je potrebno ukratko objasniti.

3. Koristite jasan i informativan jezik

Izbjegavajte neodređene i neprecizne riječi i uvijek kada je to moguće kvantificirajte svoje tvrdnje.

Primjer:

NEODREĐENO: Promatrana je jedna grupa majmuna u velikim ograđenim prostorima na otvorenom i druga grupa u malim individualnim kavezima u zatvorenom prostoru.

ODREĐENO: Promatrano je 13 majmuna u ograđenim prostorima na otvorenom, veličine 10 x 8 x 12 m, te 12 majmuna u individualnim kavezima veličine 1 x 2 x 1 m.

4. Izbjegavajte nepotrebne informacije

Primjer:

LOŠE: Nakon što smo razmotrili različite tehnike za određivanje sadržaja šećera u nektaru, odlučili smo se upotrijebiti metodu koju je razvio Johnson (1955), zato što se ona čini vrlo dobrom i jednostavnom za nekoga tko nije baš dobar s matematikom.

DOBRO: Sadržaj šećera u nektaru analiziran je metodom koju je razvio Johnson (1995).

VI. REZULTATI

Osnovna svrha ovog poglavlja je ispričati i pokazati čitatelju što je dobiveno tijekom istraživanja. Autori ne trebaju ovdje diskutirati dobivene rezultate, dakle, ne daju se odgovori na pitanje *zašto* (što je uzrok dobivenih rezultata). Vrlo je poželjno da se dobiveni rezultati prikažu i grafički jer to olakšava njihovo razumijevanje (često je jedan graf rječitiji od pola stranice teksta).

Da bi se rezultati jasno iznijeli potrebno je da poglavlje bude dobro organizirano. Podatke treba iznositi logičnim redosljedom. U iznošenju rezultata se preporuča korištenje prošlog vremena. Ukoliko je ovo poglavlje jako veliko i uključuje puno različitih cjelina, preporuča se njegova podjela na više podcjelina jer to olakšava praćenje izloženih rezultata.

1. Ne interpretirajte rezultate i ne donosite zaključke

Poglavlje *Rezultati* ima isključivo funkciju izvještavanja o dobivenim rezultatima. Ovdje se rezultati ne komentiraju, ne uspoređuju s rezultatima drugih autora, niti se donose zaključci. Ovakve komentare treba sačuvati za *Diskusiju*. Neki časopisi dopuštaju da se rezultati i diskusija iznesu u jednom poglavlju (poglavlje se tada zove *Rezultati i diskusija*), pogotovo onda kada se radi o kraćim radovima (nekoliko stranica). U tom slučaju obično slijedi jedno kraće poglavlje *Zaključci* u kojemu s vrlo kratko navedu glavni zaključci rada. Iznimku može predstavljati i situacija kada se neka studija sastoji od niza eksperimenata koji slijede jedan za drugim. U tom je slučaju praktičnije i razumljivije prokomentirati i prodiskutirati jedan eksperiment pa potom preći na drugi.

2. Integrirajte kvantitativne podatke u tekst

Ukoliko *Rezultati* uključuju tablice i grafove, tada svaki od ovih priloga mora biti citiran u tekstu. Ono što je iz tablica i grafova jasno ne treba ponovo naširoko ponavljati i u tekstu. Isto tako tekst ne treba reducirati do te mjere da na primjer kažete: *Rezultati su prikazani u Tab. 1.* U tekstu se smiju (dapače, poželjno je) komentirati najvažnije informacije koje proizlaze iz tablica i grafova. Nemojte automatski misliti da sve što uključuje brojke treba prikazati u tablicama ili na grafovima, jer će zbog toga izgledati "znanstvenije". Kod iznošenja srednjih vrijednosti poželjno je da su one popraćene mjerom varijabilnosti (standardnom devijacijom ili standardnom pogreškom):

Primjer:

Prosječna dužina je iznosila 140.42 mm (SD = 7.45)

ili

Prosječna dužina je iznosila 140.42 ± 7.45 mm

3. Izbjegavajte nepotrebne detalje

VII. DISKUSIJA

Diskusija je poglavlje u kojem se interpretiraju i komentiraju dobiveni rezultati. Ovo je poglavlje u kojem autori govore o tome što oni misle da njihovi rezultati znače. Da li podaci podržavaju njihovu početnu hipotezu ili ne podržavaju? Zašto da ili zašto ne? Tamo gdje je to neophodno pozovite se na svoje podatke i citirajte tablice i slike koje ste ranije pokazali u *Rezultatima*. Autori diskutiraju moguće razloge zbog čega su u svojim istraživanjima dobili to što su dobili. Diskusija je mjesto gdje autori komentiraju rezultate drugih autora. Jesu li dobiveni rezultati konzistentni s rezultatima drugih autora, ili zašto se njihovi rezultati razlikuju od rezultata koje su dobili neki drugi autori koji su radili slična istraživanja. Također diskutiraju u kojoj su mjeri korištene metode utjecale na rezultate, te da li bi neke druge metode uzrokovale drugačije rezultate. Napokon, autori u diskusiji komentiraju kako se njihovi rezultati uklapaju u širi kontekst date problematike.

Diskusija je pravo mjesto da se samokritički upozori i na neke nedostatke (objektivne ili subjektivne) vlastite studije. Naravno, ne treba pretjerivati u nabrojanju svih mogućih nedostataka svog rada (svaki ih rad ima beskonačno puno). Napokon, svaki autor želi da ljudi njegov rad čitaju.

Ono što u ovom poglavlju ne treba raditi je ponovo opisivati metode, davati brojčane rezultate, te govoriti zašto je studija rađena. Sve je to u prethodnim poglavljima već kazano.

1. Ne iznosite svako moguće objašnjenje

Vrlo često za neki fenomen možete imati puno mogućih objašnjenja. Odlučite se za objašnjenje koje vaši rezultati u najvećoj mogućoj mjeri podržavaju. Diskutiranje u stilu *moglo bi biti ovo, moglo bi biti ono* ne pridonosi vjerodostojnosti vašeg rada. Čitatelji gube vjeru u autora i njegove rezultate. Imajte na umu da je vaš zadatak da u *Diskusiji* date najvjerojatnije, odnosno najbolje moguće objašnjenje s obzirom na rezultate koje ste dobili (nitko od vas ne očekuje da otkrivате apsolutne istine i dajete konačna rješenja problema).

2. Važno je prepoznati važnost “negativnih” rezultata

Eksperimenti ili opažanja neće uvijek potvrditi vašu hipotezu, neće potvrditi postojanje značajne razlike između eksperimenta i kontrole, snažnu vezu između dviju varijabli ili postojanje trenda. Ovakvi “negativni” rezultati su također važni

znanstveni rezultati i oni također traže objašnjenje. Nemojte zbog neočekivanog rezultata brzopleto zaključiti da je eksperiment bio pogrešan ili da ste napravili neku pogrešku u postavljanju istraživanja. Vrlo često ovakvi neočekivani rezultati mogu biti važni i mogu preusmjeriti vaša istraživanja u drugom pravcu koji će se pokazati važnijim i značajnijim. Mnoga su velika otkrića nastala nakon grešaka ili nakon dobivanja neočekivanih (“negativnih”) rezultata (Fleming nikada ne bi otkrio penicilin da mu se hranjive podloge u petrijevkama nisu zagadile plijesnima).

3. Budite sigurni i autoritativni

Vaše pisanje treba odisati sigurnošću i stručnošću i iz njega treba proizlaziti vaša odgovornost za iznesene rezultate i zaključke. Nemojte se stalno ispričavati zbog propusta, biti bojažljivi i izbjegavati dati svoje mišljenje. Takav rad nitko neće željeti čitati, a mišljenje o vama kao autoru neće biti visoko.

4. Organizirajte poglavlje na suvisao i logičan način

U *Uvodu* smo išli od općeg k specifičnom. U *Diskusiji* trebamo ići upravo obrnuto, od specifičnog k općem. Dobar način organizacije ovog poglavlja bio bi slijedeći:

- (1) Započnite s ukazivanjem na svoje glavne rezultate, ali to radite sažeto bez nepotrebnog opširnog ponavljanja rezultata. Fokusirajte pažnju čitatelja na najvažnije rezultate i uočene obrasce u vašim podacima ili jake veze između pojedinih varijabli. Početnici *Diskusiju* često započinju slično kao i *Uvod*, što nije dobar put.
- (2) Upitajte se što bi mogao biti uzrok vaših glavnih nalaza opisanih u poglavlju *Rezultati*, a potom sugerirajte moguća objašnjenja za to.
- (3) Usporedite svoje rezultate s rezultatima drugih autora. Da li su vaši rezultati slični? U ovom trenutku vaše rezultate možete obogaćivati i s rezultatima drugih autora, čime čitateljima pokazujete da je vaš rad dio šireg konteksta. Ukoliko su neki autori dobili rezultate koji su različiti od vaših, nemojte to skrivati. Dapače, istaknite to i ponudite moguća objašnjenja za te razlike.
- (4) *Diskusiju* završite s dalekosežnijim prognozama, interpretacijama i zaključcima. Pokušajte svoje specifične rezultate primjeniti i na druge situacije i na taj ih način podignuti na jednu višu općenitiju razinu. Iskažite svoje mišljenje o tome na koji način vaš rad doprinosi razumijevanju šire problematike. Napokon, navedite što

smatrate da bi se u budućnosti trebalo istraživati da bi se problematika još bolje shvatila, ili drugačije kazano, koja su pitanja još ostala otvorena i traže daljnja istraživanja.

VIII. ZAKLJUČCI

Zaključci nisu obavezno poglavlje u svim časopisima i često je prepušteno autoru na volju da li će zključke iznijeti u zasebnom poglavlju. Glavni se zaključci rada vrlo često iznose u poglavlju *Diskusija*, tako da nema posebne potrebe za poglavljem *Zaključci*. *Zaključke* vrlo često nalazimo u kratkim radovima, kod kojih su *Rezultati* i *Diskusija* spojeni u jedno poglavlje, ili pak u vrlo opsežnim radovima koji imaju vrlo dugu i kompleksnu *Diskusiju* tako da postoji opravdana potreba da se glavni zaključci još jednom sumiraju i ponove. U svakom slučaju ovo je u pravilu vrlo kratko poglavlje u kojem se glavni zaključci rada vrlo sažeto i taksativno (ponekad se numeriraju) navedu jedan za drugim.

IX. ZAHVALE

Ovo se poglavlje najčešće stavlja između *Diskusije* (ili *Zaključaka* ako ih ima) i *Literature*. U ovom se poglavlju autori zahvaljuju svima onima koji su im na bilo koji način pomogli bilo tijekom njihovih istraživanja, bilo tijekom pisanja rada. Znanstvena etika nalaže da se nikome ne zahvaljuje prije nego što ga se konzultira i prije nego što se za to dobije odobrenje (možda netko ne želi da njegovo ime bude tiskano).

X. LITERATURA

Ovo poglavlje predstavlja popis svih referenci (*citata*) navedenih (*citiranih*) u tekstu. **Zapamtimo:** *Svi citati u tekstu moraju biti navedeni u Literaturi (popisu na kraju rada) i obrnuto, svi citati iz popisa moraju biti citirani u tekstu.* Reference se u *Literaturi* mogu navesti abecednim redom (prema prezimenu prvog autora), ili se pak mogu navesti prema redosljedu citiranja u tekstu (u ovom se slučaju citati numeriraju rednim brojevima)

1. Razlika između Literature i Bibliografije

Poglavlje *Literatura* se sastoji isključivo od referenci citiranih u tekstu. *Bibliografija* je popis svih referenci upotrebljenih u tekstu, ali i svih drugih referenci relevantnih za datu problematiku koje nisu bile citirane u tekstu.

2. Kako se referenca piše

U pravilu svaki znanstveni časopis ima svoja uputstva za pisanje referenci u *Literaturi*, ali bez obzira na redosljed i način pisanja u biološkim časopisima referenca mora sadržavati sljedeće elemente:

- Prezimena i inicijali autora
- Godina publiciranja rada
- Naslov rada
- Ime časopisa (puno ime ili službena kratica)
- Volumen i broj (broj nije uvijek obavezan)
- Stranice

U časopisima nekih drugih znanstvenih područja (npr. kemija), u referencama se izostavlja naslov rada. Načini citiranja se često razlikuju ovisno o tome da li rad ima jednog ili više autora, da li se radi o radu u časopisu, radu u knjizi ili knjizi itd. Dakle, potrebno je detaljno proučiti uputstva o citiranju referenci koja daje svaki časopis.

3. Citiranje referenci u tekstu

Kada u tekstu navodimo rezultate ili bilo koje druge informacije koje nisu naše, potrebno je navesti njihovog autora. Dva su moguća načina citiranja referenci u tekstu u prirodnim znanostima (naime, u humanističkim se znanostima to često radi u fusnoti na dnu stranice, što u prirodnim znanostima nikada nije slučaj).

(1) Prvi je način da se navede ime autora, te godina publiciranja rada kojeg citiramo.

To je tzv. *ime-godina sistem*.

Primjer:

Utvrdeno je da je utjecaj predacije na bakterije bio najveći u rujnu (Šolić, 1995)

Ova će referenca u *Literaturi* biti navedena prema abecednom popisu (pod Š zbog Šolić).

Ovakav se način citiranja može obaviti na dva načina. Prvi je način prikazan gore i tada su prezime autora i godina u zagradi (najčešće odvojeni zarezmom). Ovakav tip citata se najčešće nalazi na kraju rečenice. Druga je mogućnost ta da je prezime autora dio rečenice pa se u tom slučaju u zagrade stavlja samo godina. Gornji bi primjer tada izgledao ovako:

Šolić (1995) je utvrdio da je utjecaj predacije na bakterije bio najveći u rujnu.

Evo još jednog primjera ovih dvaju načina citiranja:

(1) ...kako je to Smith (1991) pokazao...

ili

(2) ...kako je to bilo pokazano (Smith, 1991).

(2) Drugi je način da se svaka referenca citira pomoću broja (broj se može napisati u zagradama ili kao *superscript*).

Primjer:

Utvrdeno je da je utjecaj predacije na bakterije bio najveći u rujnu (5).

ili

Utvrdeno je da je utjecaj predacije na bakterije bio najveći u rujnu⁵.

Ova će referenca u *Literaturi* biti navedena peta po redu (jer nosi broj 5) što znači da je to peta referenca po redu koja je spomenuta u tekstu.

Evo još nekoliko primjera za citiranje referenci u tekstu:

a) Kada su dva autora

Kada su dva autora tada se navode prezimena obojice a između se stavlja *i*, a u engleskom jeziku *and* ili znak &

Primjer: (Šolić i Krstlović, 1995) ili (Smith and Clark, 1988) ili

(Smith & Clark, 1988)

b) Kada su tri ili više autora

Kada je više od dva autora tada se upotrebljava jedan od slijedećih načina citiranja:

(Šolić *i dr.*, 1999) – što znači *i drugi*

(Šolić *i sur.*, 1999) – što znači *i suradnici*

dok je najčešći način:

(Šolić *et al.*, 1999) – što znači *et alia*, a to je *i drugi* na latinskom

c) Kada citiramo dva ili više radova od istog autora

U ovom se slučaju iza prezimena navedu sve godine kada su radovi publicirani, odvojene zarezom:

Primjer: (Šolić, 1994, 1997, 2001)

d) Kada citiramo dva ili više radova od istog autora publicirana u istoj godini

U ovom slučaju iza godine stavljamo mala slova po abecednom redu: a, b, c,... itd.

Primjer: (Šolić, 1994a, 1994b) ili (Šolić, 1994a, b)

e) Kada citiramo dva ili više radova različitih autora

U ovom slučaju nabrajamo prezimena autora i godine publiciranja i to kronološkim redom (odvajamo ih točka-zarezom). Ako su dva rada publicirana iste godine tada ih poredamo abecednim redom po prezimenu autora.

Primjer: Za ovaj su fenomen predloženi brojni modeli (Watson, 1977; Kim, 1988; Smith, 1988; Cox, 1992).

f) Kada citiramo više autora s istim prezimenom i istom godinom publikacije rada

U ovom slučaju navodi se i inicijal(i) autora.

Primjer: (Johnson M, 1990; Johnson WA, 1990)

g) Kada citiramo rad čiji je autor neka organizacija

U ovom slučaju umjesto prezimena autora navodi se naziv ili kratica organizacije.

Primjer: (UNEP, 1990); (WHO, 1993); (ICPO, 1998)

h) Kada citiramo rad čiji autor nije poznat

Kada je autor nepoznat (anoniman), umjesto prezimena autora piše se *Anonymous*.

Primjer: (Anonymous, 1986)

i) Kada citiramo pojedini dio rada

Ponekad autor želi citirati neku određenu tablicu, graf ili neku stranicu rada

Primjer: (Šolić, 1997, Tablica 4)

(Šolić, 1999, Slika 2)

(Šolić, 2001, str. 7)

j) Kada citiramo nepublicirani materijal

Često smo u situaciji da citiramo neke rezultate ili informacije koje još nisu publicirane. Tada umjesto godine pišemo neku od sljedećih fraza:

Primjeri:

(1) (Šolić, usmeno priopćenje) ili na engleskom (Šolić, personal communication)

(2) (Šolić, nepublicirano) ili na engleskom (Šolić, unpublished)

Ako je ono što citiramo navedeno u radu koji se nalazi u tisku, tada pišemo:

(3) (Šolić, u tisku) ili na engleskom (Šolić, in press) ili (Šolić, forthcoming)

k) Kada citiramo reference koje nismo direktno konzultirali, već smo ih pronašli citirane u nekom drugom radu

U ovom slučaju pišemo:

(Smith, 1954, citirano u Wilson, 1985)

4. Gdje umetnuti citat u tekst

Svakako tamo gdje to ima najviše smisla. Citat se vrlo često stavlja na kraju rečenice, ali ne činite to automatski u svakom slučaju, ponekad postoji i prikladnije mjesto. Ponekad loše pozicioniran citat može biti nejasan i stvoriti zabunu.

Primjer:

Oprašivanje biljke Linaria vulgaris istraživano je u prirodi i u laboratoriju (Arnold, 1962; Howard, 1979).

Što je ovdje loše? Da li je Arnold istraživao u prirodi a Howard u laboratoriju, ili je bilo obrnuto, ili su obojica istraživala i u prirodi i u laboratoriju. Ova se situacija može razjasniti malim pomakom citata:

Oprašivanje biljke Linaria vulgaris istraživano je u prirodi (Arnold, 1962) i u laboratoriju (Howard, 1979).

Ako smo zapravo željeli kazati da su oba autora radili oba tipa studija, onda je to trebalo napisati na sljedeći način:

Arnold (1962) i Howard (1979) su istraživali oprašivanje biljke Linaria vulgaris u prirodnim i laboratorijskim uvjetima.

5. Opće poznate stvari ne treba citirati

Neke su tvrdnje, činjenice i informacije opće poznate i dio su općeg znanja, pa ih kao takve nije potrebno citirati. Na primjer, nije potrebno citirati tvrdnju da se organizmi sastoje od stanica.

6. Nemojte za jednu tvrdnju navesti bezbroj citata, odlučite se za nekoliko najvažnijih

7. Nemojte nepotrebno ponavljati citate kada je kontekst jasan

B. POSTUPAK PISANJA RADA

Osvrnuli smo se na sve dijelove (poglavlja) od kojih se sastoji znanstveni rad. Kažimo sada nekoliko riječi o tome kako izgleda proces nastajanja rada. U tom bismo procesu mogli razlikovati četiri faze:

- *Nacrt rada*
- *Kalendar ili vremenski plan pisanja rada*
- *Draft verzija rada*
- *Konačna (finalna) verzija rada*

1. Nacrt rada

Pravljenje plana o tome kako ćemo organizirati informacije koje želimo iznijeti u radu naziva se *nacrt rada*. U nacrtu rada se koriste ključne riječi ili skupine riječi kojima se naznačavaju glavni topici, subtopici, detalji itd.

Primjer:

NASLOV NACRTA

I Glavno poglavlje

A) Važno potpoglavljje

B) Važno potpoglavljje

1. Detalj

a) Poddetalj

b) Poddetalj

c) Poddetalj

2. Detalj

3. Detalj

a) Poddetalj

b) Poddetalj

II Glavno poglavlje

A) Važno potpoglavljje

B) Važno potpoglavljje

1. Detalj

2. Detalj

2. Kalendar

Vrlo je korisno imati okvirni vremenski plan pisanja rada u kojem definiramo rokove do kojih određene korake u procesu nastajanja rada moramo dovršiti. To je

osobito važno kada rad mora biti završen do određenog roka (npr. diplomski, magistarski rad ili disertacija)

3. Draft verzija rada

Budite spremni na to da ćete napraviti nekoliko privremenih verzija (*draftova*) rada prije nego što ćete biti zadovoljni rezultatima svoga rada. Dobro napisan rad uvijek je rezultat pažljivog i strpljivog poboljšavanja i revidiranja prethodne verzije rada. U prvom se draftu koncentrirajte na glavnu ideju rada, a ne na detalje i stil pisanja. Shvatite draft kao grubu verziju rada na kojoj uvježbavate i isprobavate načine kako da iznesete svoju osnovnu ideju. Daljnja pregledavanja literature i razgovori s kolegama i njihove sugestije uvijek mogu doprinjeti poboljšanju rada. Uvijek pokušajte rezultate prikazati na više različitih načina, a potom odaberite onaj koji je najbolji.

4. Finalna verzija rada

Finalna verzija rada je krajnji ishod neprestalnog poboljšavanja draft verzija. U ovoj verziji rada svi detalji moraju biti dovedeni do najbolje moguće forme, i rad mora biti pripremljen po uputstvima koje zahtjeva časopis u kojem ga namjeravate publicirati.

C. STIL PISANJA

1. Pišite jasne i precizne rečenice

Pisanje znanstvenog rada se stilski bitno razlikuje od literarnog pisanja. Znanstveni stil pisanja ne podnosi književne stilske figure, a pogotovo ne podnosi "kićeni" jezik. Rečenice u znanstvenom radu moraju biti jasne, precizne i po mogućnosti jednostavne i kratke.

2. Izbjegavajte nepotreban višak riječi

Svaka upotrijebljena riječ mora biti dobro "izvagana". Riječi koje su suvišne, jer je misao i bez njih jasna (vjerojatno je bez njih i jasnija) treba izbaciti.

Primjeri:

LOŠE: *U dva navrata uspio sam promatrati par slonova dok su se parili i to tijekom čitavog razdoblja kopulacije.*

DOBRO: *Promatrao sam dva para slonova tijekom kopulacije.*

LOŠE: *Danas imamo metodu koju je razvio Jones (1973), a koja služi za analizu rasta populacije rotifera.*

DOBRO: *Jones (1973) je razvio metodu za analizu rasta populacije rotifera.*

LOŠE: *Jaja su bila plave boje i bila su prekrivena s velikim brojem crnih točaka.*

DOBRO: *Jaja su bila plava s puno crnih točaka.*

3. Izbjegavajte ponavljanje

Izbjegavajte ponavljanje informacija koje su već kazane, pogotovo u istom paragrafu ili čak istoj rečenici.

Primjer:

LOŠE: *U Smithovoj studiji iz 1977, fluktuacije temperature nisu bile uzete u obzir (Smith, 1977).*

DOBRO: *Smith (1972) nije uzeo u obzir fluktuacije temperature.*

4. Preferirajte pasiv

Vrlo je često praktičnije pisati u pasivu i postoji nepisano pravilo da se u znanstvenom radu što više koristi (tome je doprinijela činjenica da se u engleskom govornom području pasiv i inače puno više koristi u svakodnevnom govoru).

Primjer:

PASIV: *Hrana je ribama davana kroz plastičnu cijev.*

AKTIV: *Hranu smo ribi davali kroz plastičnu cijev.*

Međutim, pasiv ne mora uvijek biti bolje rješenje. Ponekad rečenica pisana u aktivu postaje kraća i jasnija.

5. Lice

Kod pisanja znanstvenih radova je postojalo nepisano pravilo da se piše u prvom licu množine, čak i onda kada rad ima jednog autora. To se smatralo pristojnim načinom pisanja, jer autor ne pripisuje sve zasluge sebi. Iako je on jedini autor, nikada nije sve sam napravio, uvijek je postojao netko tko mu je u nečemu pomagao.

Danas, međutim, autori sve češće pišu u prvom licu jednine. Smatra se da to rad čini životnijim, osobnijim. Umjesto "sterilnog" *mi*, "životno" *ja* sugerira da iza tog rada stoji konkretna osoba sa svom svojom osobnošću, manama i vrlinama.

6. Glagolsko vrijeme

Nepisano je pravilo da znanstvenik (iz etičkih razloga) koristi prošlo vrijeme kada govori o svojim rezultatima, a sadašnje vrijeme kada diskutira radove drugih autora. Razlog za to je taj što su vaši podaci koje iznosite u radu novi i još uvijek ne predstavljaju opće znanje, dok se rezultati drugih autora koji su već objavljeni tretiraju kao dio postojećeg teoretskog okvira (postojeća i opće prihvaćena znanja). Ako se držimo ovih kriterija tada ćemo prošlo vrijeme koristiti u poglavljima *Sažetak*, *Materijal i metode* i *Rezultati*, zbog toga što u ovim poglavljima opisujemo vlastiti rad, dok ćemo sadašnje vrijeme koristiti u poglavljima *Uvod* i *Diskusija* jer tamo najviše navodimo tuđe rezultate.

7. Upotreba kratica i simbola

Za brojne pojmove koje koristimo u znanstvenim radovima postoje *simboli* i *kratice*. Tu ponajprije mislimo na mjerne jedinice, ali i za čitav niz drugih simbola i kratica (npr. simboli za spol, %, <, >, ppm, log.....). Za pisanje simbola i kratica postoje i službeni priručnici (npr. CBE manual), a vrlo često i sami časopisi u svojim uputstvima daju popis dozvoljenih simbola i kratica.

8. Pisanje latinskih (stručnih) naziva organizama

Uobičajeno je da se nazivi rodova i vrsta pišu *kurzivom* ili podcrtano, dok se ostale taksonomske kategorije (od porodice na više) pišu obično. Na primjer latinsko ime za vuka napisat ćemo *Canis lupus* ili Canis lupus. Ime roda se uvijek piše velikim slovom, a ime vrste malim. Kada vrstu spominjemo prvi put tada treba napisati puno ime, dok je kod narednih spominjanja možemo napisati skraćeno, na način što ćemo

napisati prvo slovo (veliko) s kojim počinje rod i iza toga staviti točku, a u nastavku napisati puno ime vrste.

Primjer:

PRVO SPOMINJANJE: *Canis lupus*

SLJEDEĆA SPOMINJANJA: *C. lupus*

Također je uobičajeno da se kod prvog spominjanja vrste iza latinskog naziva u zagrade navede i autor koji je tu vrstu prvi odredio ili opisao. Na primjer: puno ime za ribu skušu bi bilo *Scomber scombrus* (L.), a za srdelu *Sardina pilchardus* (WALB.).

III. PREZENTACIJA RADA

Pored objavljivanja (publiciranja) radova u znanstvenim časopisima i drugim publikacijama, vrlo važan oblik izlaganja znanstvenih rezultata su znanstvene konferencije, kongresi ili simpoziji. Sudjelovanje na ovim znanstvenim skupovima vrlo je važno i zbog toga što je to prilika za uspostavljanje direktnih kontakata sa svojim kolegama iz cijelog svijeta, razmjena iskustava, uspostava suradnji itd.

Na ovim su skupovima uobičajeni načini prezentacije radova *usmena (oralna) prezentacija*, te prezentacija u obliku *postera*.

A. USMENA PREZENTACIJA

Premda ovdje krajnji oblik prezentacije nije u pisanoj formi, u pripremi usmene prezentacije je ipak potrebno imati određene bilješke koje će nam pomoći u organizaciji izlaganja. Zapravo, ima puno sličnosti između pisanog rada i pisanog plana za usmenu prezentaciju. Evo nekih praktičnih sugestija koje mogu pomoći u organizaciji uspješne prezentacije:

1. Napravite pisani koncept (plan) izlaganja

Pisani koncept pomaže da prezentacija bude bolje organizirana, tečnija, da ima logičan slijed, da se ništa ne propusti ili zaboravi.

2. Kako organizirati izlaganje

To naravno ovisi o problematici, ali je uvijek izlaganje korisno podijeliti u tri bitna dijela: početak, središnji dio i kraj. Prije samog izlaganja uobičajeno se zahvaliti predsjedništvu simpozija ili vaše sekcije, te pozdraviti publiku, a potom kazati tko su autori rada, gdje je rad izrađen (ustanova ili u suradnji više ustanova), te iznijeti zahvale ukoliko ih imate. Nakon toga prelazite na izlaganje samog rada. Najbolje se na početku kratko osvrnuti na širi kontekst unutar kojeg je smješten vaš rad (tzv.

background rada). Nakon toga pređite na svoju specifičnu problematiku, te na kraju na zaključke. Zapravo, tijekom izlaganja se možete držati forme znanstvenog rada: kratak uvod (svrha rada, očekivanja), kratko objašnjenje metoda, sumiranje rezultata (fokusrajte glavne rezultate), te zaključak (da li vaši rezultati potvrđuju originalnu hipotezu, u kakvom su odnosu s rezultatima drugih autora, što smatrate najvažnijim doprinosom vašeg rada, koja su pitanja ostala otvorena za buduća istraživanja). Na kraju se zahvalite publici na pažnji te kažete da ćete rado odgovoriti na njihova pitanja.

3. Nikada ne čitajte zabilješke i ne učite ih napamet

Svrha bilježaka bila je da bolje organizirate izlaganje, a ne da umjesto izlaganja čitate svoje bilješke. Ako to radite ostavljate dojam da niste baš bliski s problematikom, djelujete nesigurno, a ono što govorite (zapravo čitate) neuvjerljivo. Slušatelji u ovakvim slučajevima u pravilu gube interes za vaše izlaganje.

Jednako tako nije dobro izlaganje naučiti napamet pa ga onda izrecitirati kao pjesmicu. Tada najčešće govorite prebrzo i monotono pa će rezultat biti jednako loš. Vježbajte se govoriti svojim riječima, pa to je vaš rad!

Naprotiv, mala ceduljica ili snop kartica s ključnim riječima kao podsjetnikom redosljeda izlaganja može biti korisna jer vam daje određenu sigurnost, a istovremeno neće smetati slušateljima.

4. Vodite računa o raspoloživom vremenu

Na znanstvenim je skupovima vrijeme izlaganja vrlo striktno određeno i najčešće nije osobito dugo (većinom je to 10, 15 ili 20 minuta). Svoje izlaganje morate vrlo pažljivo vremenski planirati. Ukoliko pređete zadato vrijeme, bit ćete prekinuti od strane predsjedavajućeg bez obzira što izlaganje niste završili (često se događa da neki izlagači uspiju u zadatom vremenu kazati samo uvod, ili zapnu na materijalu i metodama). Dakle, bilo bi dobro, pogotovo kod vaših prvih simpozija kada još nemate dovoljno iskustva, tijekom priprema izmjeriti nekoliko puta vrijeme koje vam je potrebno za izlaganje. Ta će vam vježba pokazati trebate li možda neke djelove izlaganja skratiti ili čak izbaciti.

5. Kako govoriti?

Pazite da ne govorite prebrzo. Kada smo nervozni često govorimo brže nego inače i to sve brže kako se približava kraj izlaganja. Vaši slušatelji trebaju vremena da "probave" sve informacije koje im dajete. Ako govorite prebrzo to ih zbunjuje i onemogućava ih u praćenju izlaganja. Kada im izlaganje "pobjegne" slušatelji gube interes i prestaju slušati vaše izlaganje.

Nemojte ići u drugu krajnost. Previše spori govor postaje dosadan i monoton. Dakle, govorite polako (ali ne sporo) i razgovjetno. Govorite dinamično, vaš glas ne smije biti monoton, mora imati intonaciju, naglasite važne riječi i misli. Govorite glasno (ne derite se!). Izbjegavajte "žargon", govorite književnim jezikom. Održavajte kontakt očima s publikom. Na taj način publiku držite "budnom" i aktivnom. Ne gledajte u pod! Ne govorite sebi u bradu! Ne žvačite gumu!

6. Ne opterećujte slušatelje s detaljima

Ograničite se na najvažnije stvari. Previše detalja pridonosi nerazumljivosti i postaje prenaporno i dosadno za slušatelje. Ipak, objasnite svaki pojam za koji mislite da slušateljima nije poznat.

7. Koristite tehnička pomagala

Poželjno je da vaše izlaganje bude oplemenjeno i nekim vizualnim priložima (grafovi, tablice, fotografije, kratki filmovi itd). Koristite tehnička pomagala koja su vam na raspolaganju (ploča, diaprojektor, grafoskop, power-point prezentacije itd). Ona će vam olakšati prenošenje informacija i učiniti vaše izlaganje zanimljivijim.

8. Budite spremni na pitanja

Budite spremni na to da će slušatelji nakon vašeg izlaganja željeti nešto pitati. Naravno, ne možete predvidjeti sva moguća pitanja, ali neka ipak možete pretpostaviti, pa bi se bilo dobro i pripremiti za njih (pripremite za potencijalna pitanja neki graf ili drugi prilog koji će vam olakšati davanje odgovora).

Ako ne znate odgovor na pitanje, puno je bolje kazati da ne znate nego "muljati" i govoriti gluposti (svatko razuman zna da ne možete znati sve). Vaše priznanje može biti simpatično, a može ostaviti i pozitivan dojam da ste ozbiljna i odgovorna osoba koja se ne želi upuštati u špekulacije (šanse za ovakav dojam su

osobito velike ako je vaše izlaganje bilo sigurno i kvalitetno). Suprotno, vaše "muljanje" može pokvariti dobar dojam izlaganja.

B. POSTER

Jedan od sve češćih načina prezentacije radova na simpozijima je prezentacija u obliku *postera*. Poster je vizualni način prezentacije gdje se rad izlaže na površini veličine postera (poster se pričvrste na predviđene ploče). Značajke ovakve prezentacije su bacanje težišta na grafičke priloge (tablice, grafovi, fotografije) i maksimalna redukcija teksta.

Razlozi sve većoj popularnosti ovakvog izlaganja rada su mnogobrojni. Uz pomoć postera se na jednom simpoziju može prezentirati puno više radova nego kada bi se svi radovi referirali (usmeno priopćavali); dakle ušteda u vremenu. S druge strane u vremenu koje je predviđeno za razgledanje postera autori stoje pored svojih postera pa zainteresirani za neki rad mogu direktno razgovarati i diskutirati s autorom. Ti su razgovori uvijek lakši jer su opušteniji i neformalni, bez prisustva mnogobrojne publike (a vrlo često uz tanjur ili čašicu u ruci).

Priprema postera daje mašti na volju i tu su mogućnosti gotovo neograničene (vrlo često se na simpozijima dodjeljuje nagrada za najbolji poster).

Evo nekoliko praktičnih savjeta:

1. Pažljivo proučite i slijedite uputstva

Simpozijски prospekti daju detaljna uputstva vezana za dimenzije postera i sve druge tehničke podatke. Pažljivo proučite ta uputstva i pripremite vaš poster po njima.

2. Poster organizirajte jednostavno i logično

Poster u pravilu sadrži sva bitna poglavlja koja sadrži i znanstveni rad, ali količina teksta mora biti minimalna, a posterom moraju dominirati grafički prilozi. Rasporedite materijal na posteru tako da se logično prati (s lijeva na desno ili odozgo prema dolje).

3. Imajte na umu prednosti i mane vizualnog oblika prezentacije

Što manje teksta, jer se nikome ne stoji ispred ploče da bi čitao tekst. Fokusirajte samo najvažnije rezultate i prikažite ih što je jednostavnije moguće.

Nemojte zaboraviti atraktivnost fotografija ili drugih vrsta ilustracija. Pazite na veličinu slova, moraju biti čitljiva i sa određene udaljenosti. Napokon, zašto ne, zatražite i pomoć profesionalca u pripremi postera.

4. Pripremite se za pitanja

Ispred postera ćete imati direktne kontakte s kolegama. Razgovori će biti manje formalni nego u simpozijskoj dvorani. Budite dakle spremni na razgovore koji će izlaziti izvan okvira vašeg uskog rada.

IV. OBJAVLJIVANJE RADA

Objavljivanje (publiciranje) rada u znanstvenom časopisu predstavlja proceduru koja rijetko kada traje manje od nekoliko mjeseci. Taj bi se proces mogao svesti na sljedeće bitne korake:

- (1) Rad treba pripremiti prema uputstvima časopisa i poslati uredniku (*editoru*) časopisa (obično treba poslati 2 ili 3 kopije)
- (2) Editor šalje vaš rad *recenzentima* (stručnjacima koji su kompetentni za problematiku kojom se bavi vaš rad) da daju mišljenje o radu (*recenziju*). Kod većine časopisa rad se šalje dvojici ili trojici recenzenata (iako ima časopisa koji traže i više recenzija)
- (3) Svaki je recenzent dužan u zadanom roku dati svoje mišljenje o vašem radu u pismenoj formi (napisati recenziju) i poslati je editoru časopisa. U recenzijama recenzenti najčešće daju svoje opće mišljenje o kvaliteti rada, a potom navode i određene specifične primjedbe. Krajnji je zadatak recenzenta da procjeni da li je vaš rad vrijedan objavljivanja ili ne. Vrlo često časopisi imaju standardizirane formulare koje recenzenti moraju ispuniti. U tim se formularima daju ocjene za neke elemente rada kao što su: znanstvena zanimljivost rada, relevantnost, savremenost metoda, značaj rezultata, doprinos, stil pisanja i jezik itd. Na kraju formulara je obično ponuđeno nekoliko opcija, te se recenzent mora odlučiti za jednu od njih:

- a) Rad se preporuča objaviti ovakav kakav je
- b) Rad se preporuča objaviti nakon malih dorada (recenzentu ga ne treba ponovo slati)
- c) Da bi rad bio prihvatljiv treba napraviti velike izmjene i dorade (u slučaju da se autor želi prihvatiti toga posla rad treba ponovo poslati istom recenzentu)
- d) Preporuča se odbijanje rada

Strogoća recenzija u pravilu ovisi o kvaliteti časopisa. Najkvalitetniji časopisi imaju veliku ponudu radova, pa drže vrlo visoke kriterije pa je postotak odbijenih radova u takvim časopisima u pravilo preko 50% (ponekad i više)

- (4) Nakon što editor prikupi sve recenzije, on je taj koji donosi konačnu odluku. Šalje autoru obavijest o svojoj odluci, a ako rad zahtjeva doradu šalje autoru kopije recenzija, kako bi ovaj mogao svoj rad ispraviti prema zahtjevima recenzenata. Autor se ne mora složiti sa svim primjedbama recenzenata, pa editor često zahtjeva da mu autor pošalje spisak svih primjedbi koje je prihvatio, kao i obrazloženje za one primjedbe koje nije prihvatio

Vrste radova

Znanstveni časopisi uglavnom objavljuju dvije vrste radova:

- (1) **Originalni znanstveni rad** - rad u kojem se iznose rezultati originalnih znanstvenih istraživanja. Ponekad se unutar ove kategorije razlikuju kraći radovi koji se često nazivaju *preliminarni radovi* u kojima autori žele u što kraćoj formi samo naznačiti da su došli do nekog otkrića (to može biti važno kada se više timova natječe tko će prvi doći do nekog važnog otkrića). Takvi su radovi vrlo kratki i u pravilu nemaju tipičnu formu znanstvenog rada sa svim potrebnim poglavljima)
- (2) **Pregledni rad** - rad u kojem se daje širi literaturni pregled neke problematike. U tom se radu sumiraju sva postojeća znanja o nekoj problematici, što znači da se puno više koriste rezultati tuđih istraživanja nego svojih. Ipak i ova je vrsta rada autorska, jer autor na osnovi literaturnih podataka daje svoju sumarnu analizu i diskusiju date problematike.

Treću kategoriju radova čine *stručni radovi*, ali se oni uglavnom ne objavljuju u znanstvenim časopisima, već u *stručnim* časopisima koji su specijalizirani za takvu vrstu radova.

- (3) **Stručni rad** - rad koji ne iznosi originalne znanstvene rezultate, već na stručan način obrađuje određenu problematiku. Autor se pri tome služi postojećim znanjima i objavljenim informacijama.