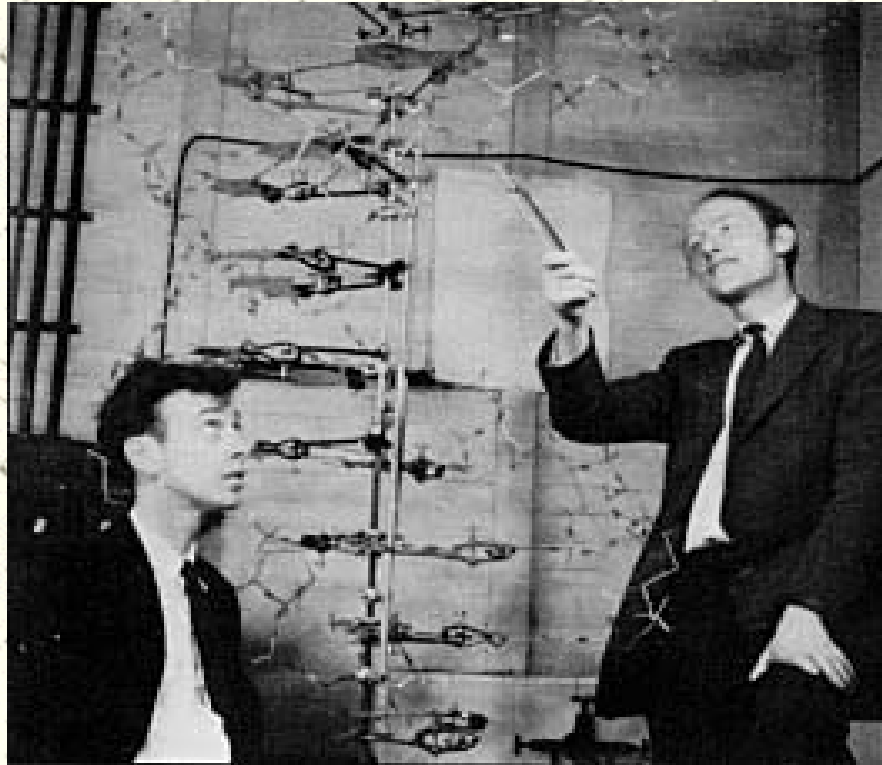
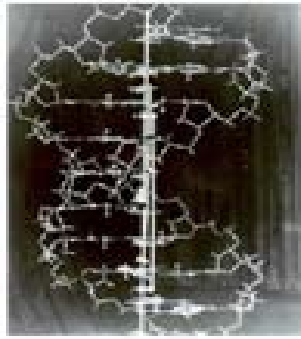


II. ZNANSTVENA METODA



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

Prirodu proučavamo opažanjem, teoretski
i eksperimentalno



Istraživačka postaja na Arktiku

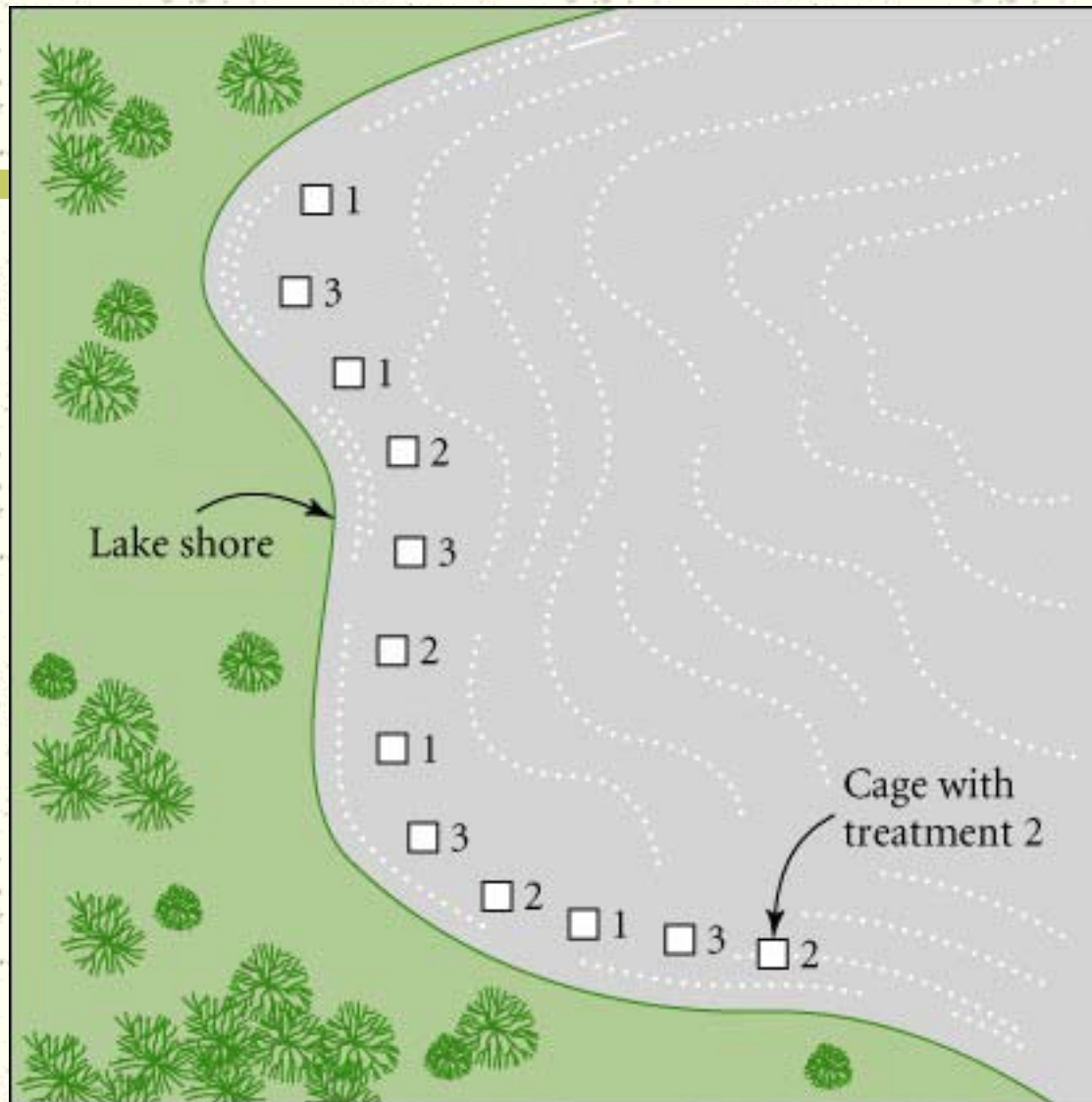
Eksperimentalni način istraživanja



Eksperimenti s biljkama



Uloga pauka u kontroli štetočina na biljkama soje



Eksperiment s kavezima u prirodnim uvjetima (uloga UV-zračenja na uspješnost izvaljivanja ličinki iz žabljih jaja)



**Proučavanje tropskih
kišnih šuma opažanjem i
sakupljanjem uzoraka**

Proučavanje organizama na različitim “katovima” šumskog svoda u tropskim kišnim šumama

Canopy zonation

Over 40 m:

- **Physical conditions:** greatest exposure to sunlight and winds, highest variability in temperature
- **Characteristic animals:** Red crossbill, warblers, flying squirrel

15 to 40 m

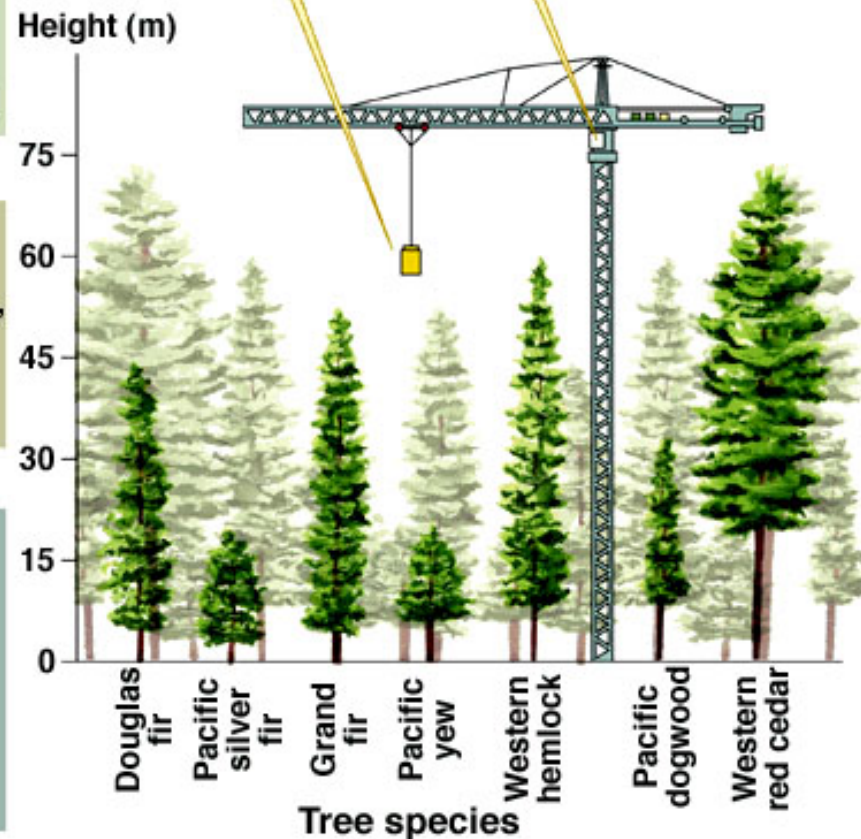
- **Physical conditions:** partial shading, lower exposure to winds, more equable temperatures
- **Characteristic animals:** chickadees, nuthatches, varied thrush

Ground to 15 m

- **Physical conditions:** lowest light intensity and reduced temperature variation, diminished wind
- **Characteristic animals:** towhees, American robin, winter wren, black-tailed deer, coyote

Gondola housing scientists can be lowered to study any level in the canopy.

Crane operator can swing crane arm 360° and position gondola at any distance along crane arm.



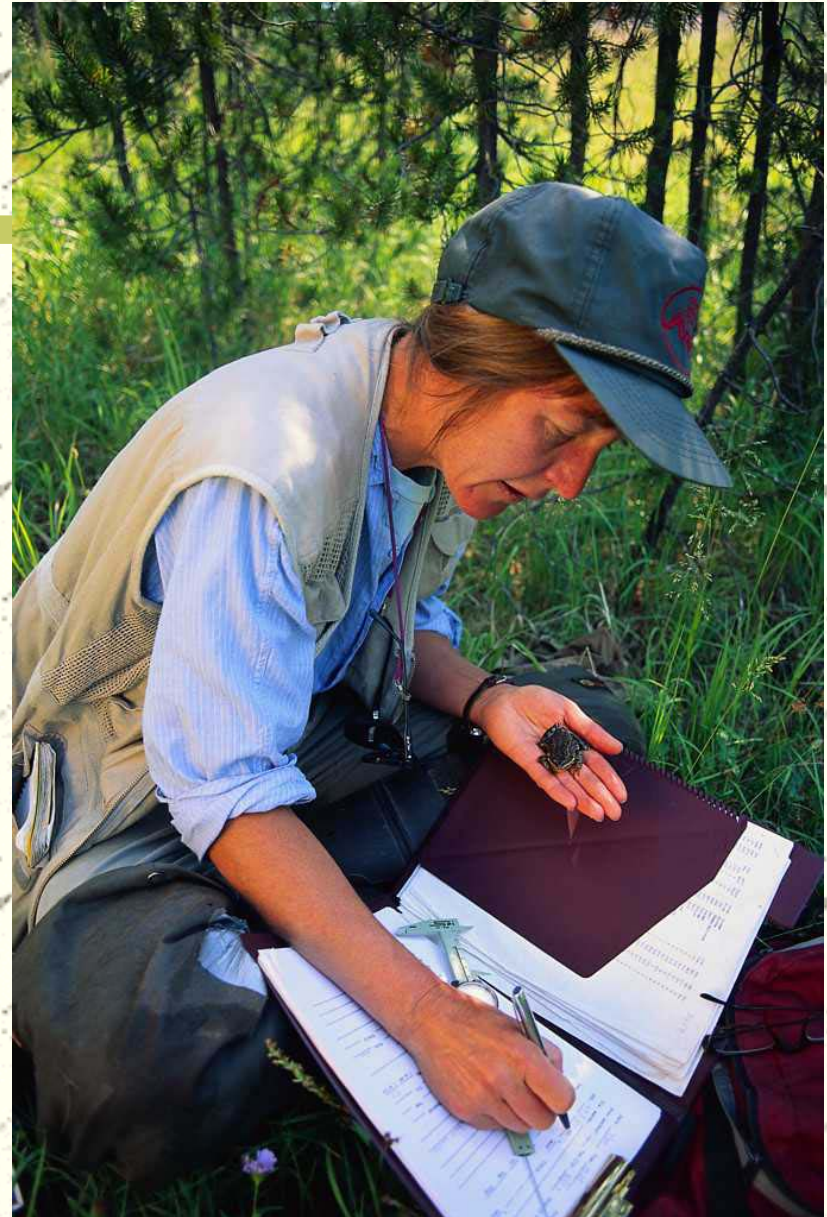
Istraživanje u prirodi



Studenti ekologije love male vrste riba u rijeci

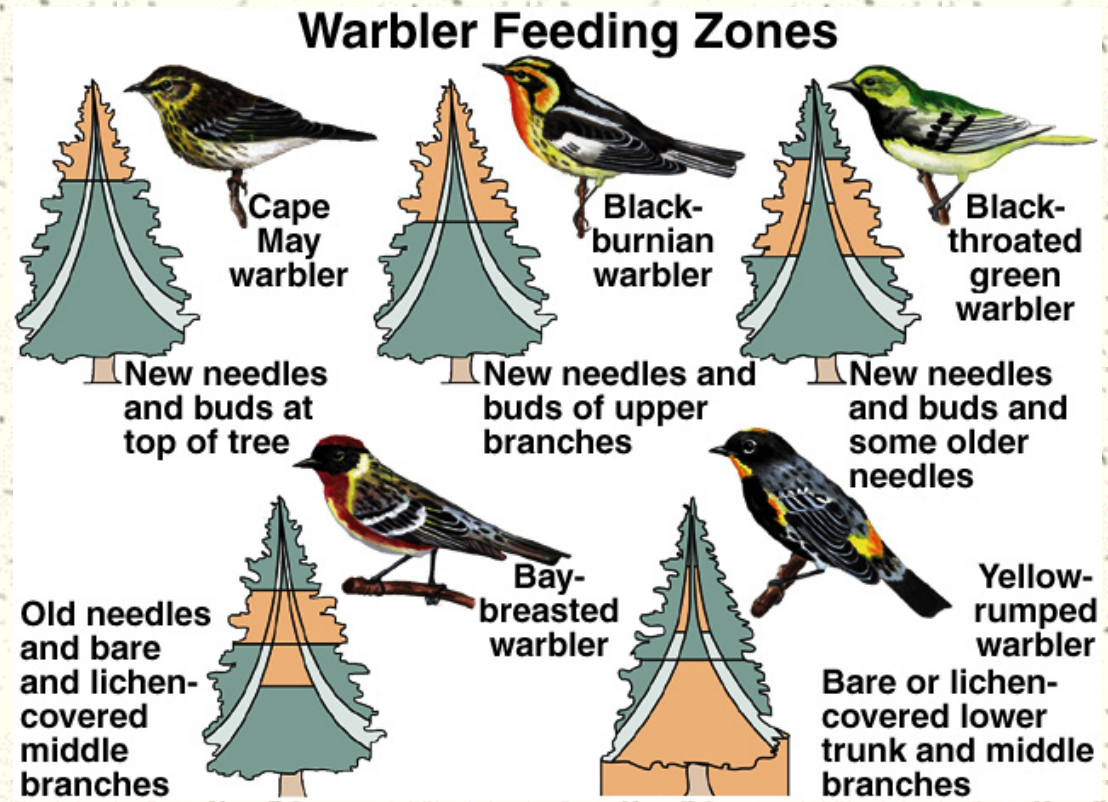
Istraživanje u prirodi

Promatranje
i bilježenje



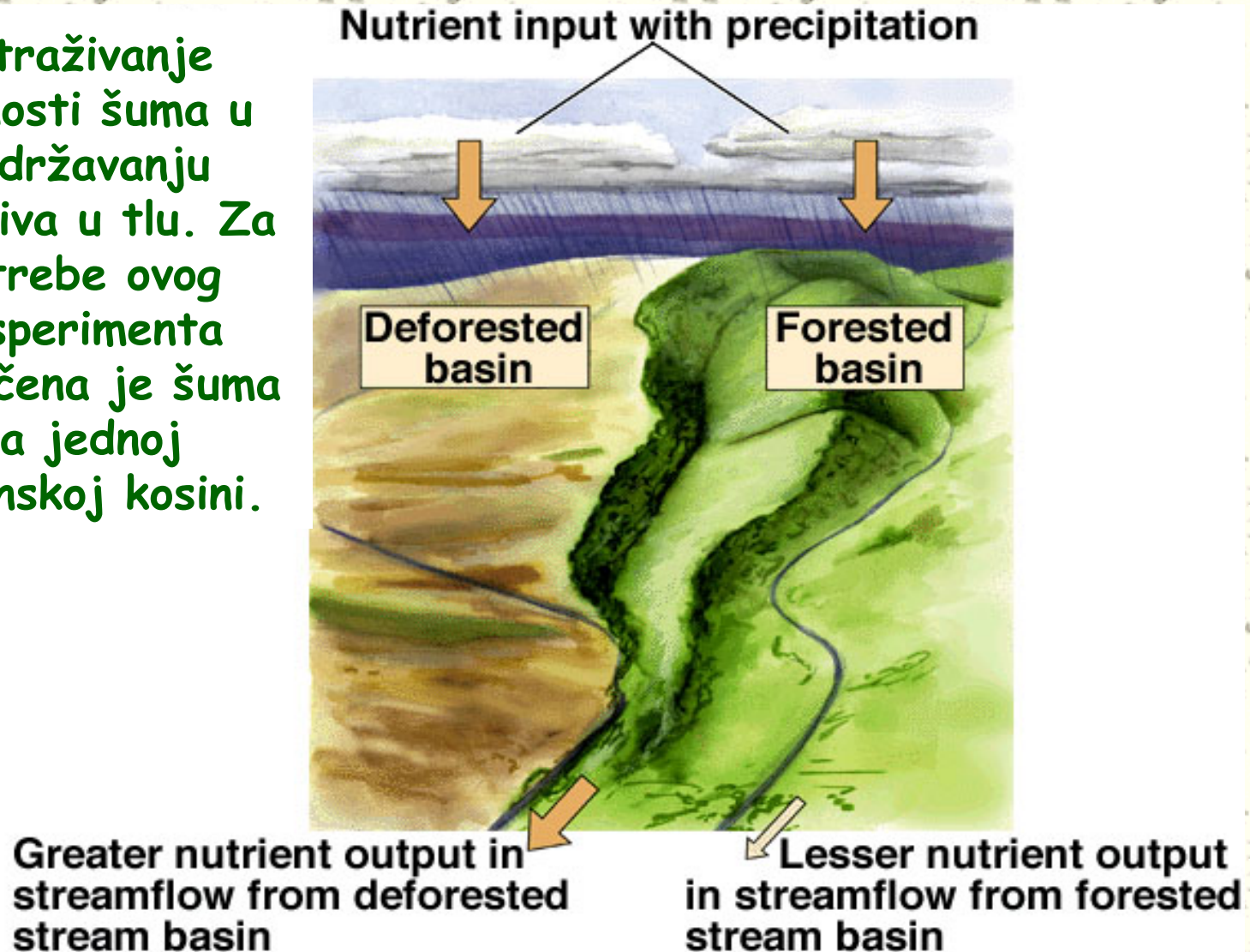
Proučavanje opažanjem

Istraživanje u
kojem se dijelu
krošnje
pojedina vrsta
malih ptica
pjevica najviše
zadržava i
hrani



Eksperiment u prirodi

Istraživanje važnosti šuma u zadržavanju hranjiva u tlu. Za potrebe ovog eksperimenta posječena je šuma na jednoj planinskoj kosini.



Prikupljanje podataka

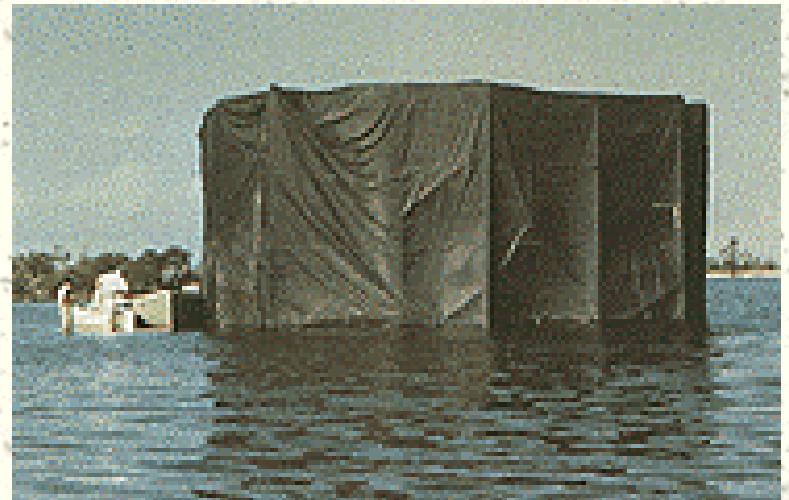


Automatska meteorološka postaja

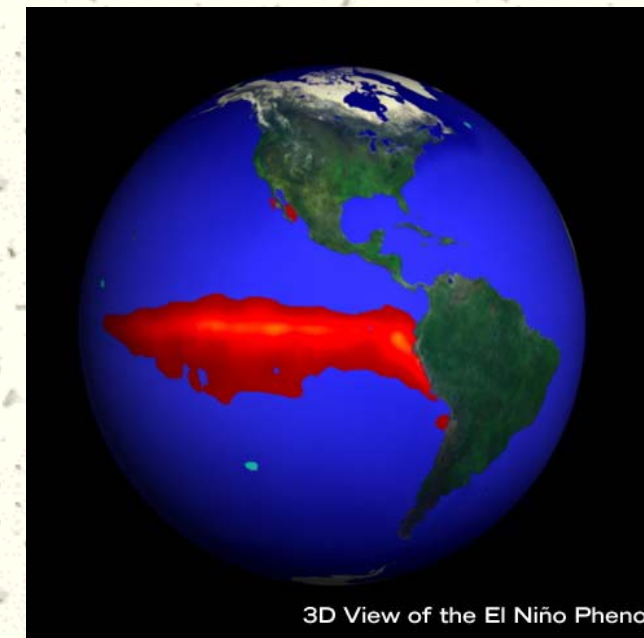
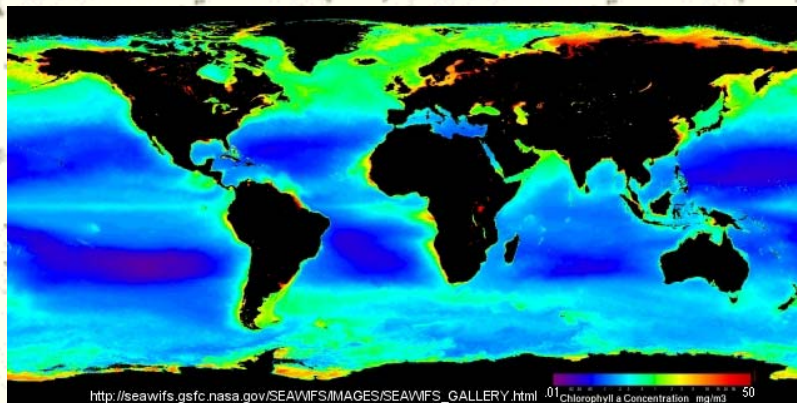
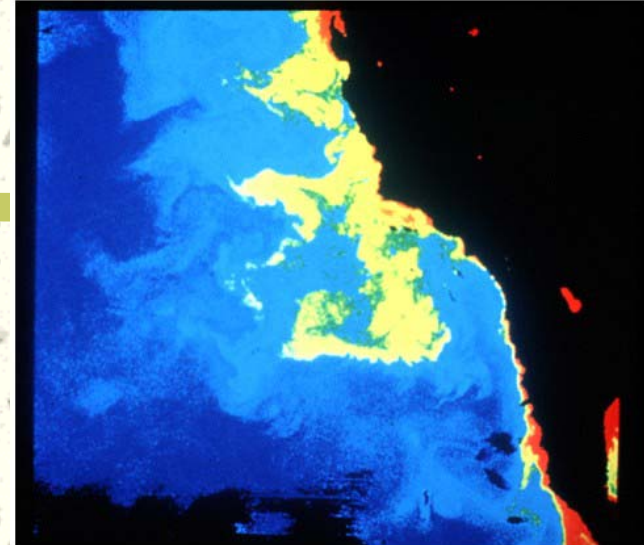
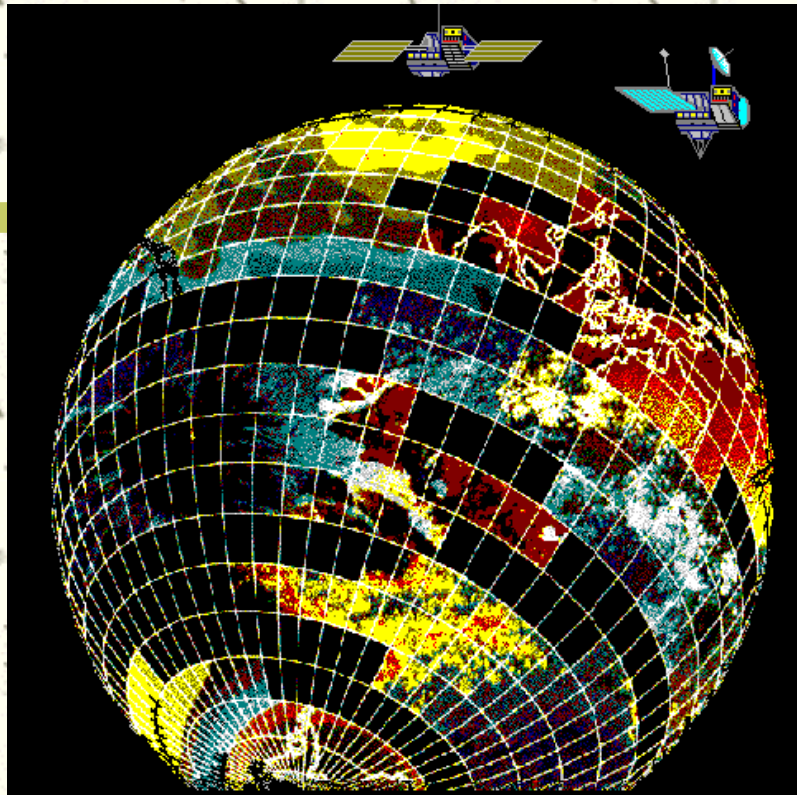
Ekstremni uvjeti - polarna mora



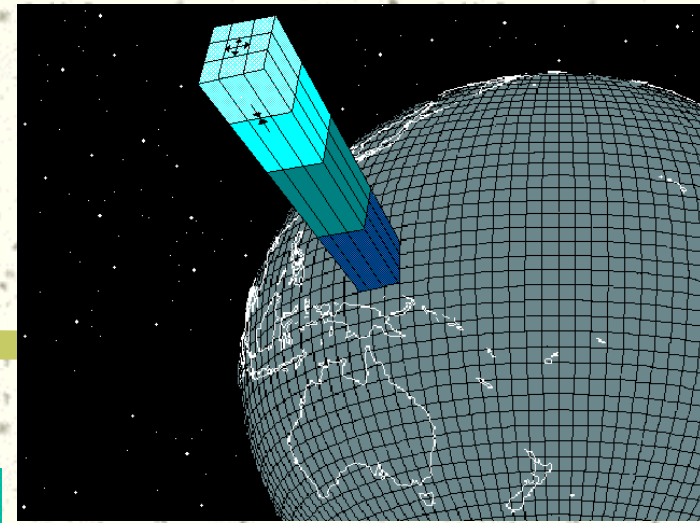
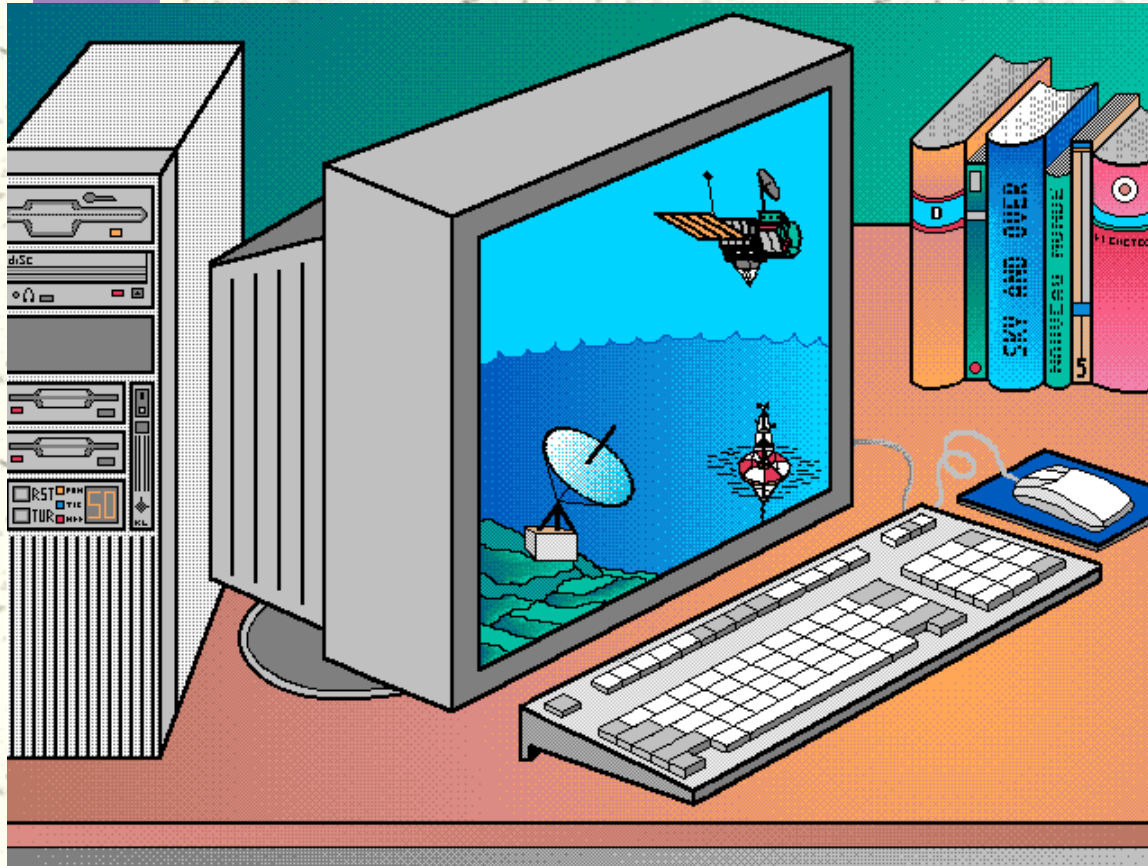
Eksperiment *In situ*



Istraživanje pomoću satelita



Modeliranje



Prirodu proučavamo opažanjem, teoretski i eksperimentalno

- # Znanstvenici gledaju na prirodni svijet s mnogo različitih gledišta (ovisno o obrazovanju, temperamentu, problematici kojom se bave)
- # U znanosti ne postoji isključivo jedan, najbolji način pristupa problemu. "Znanost je jednako tako umjetnost kao glazba ili slikarstvo" (Ricklefs, 1990)
- # Ipak, ekolozi imaju iste ciljeve:
 - ▣ Predvidjeti
 - ▣ Kontrolirati ili iskorištavati
 - ▣ Objasniti ili razumjeti
- # Pri tome se služe znanstvenom metodom

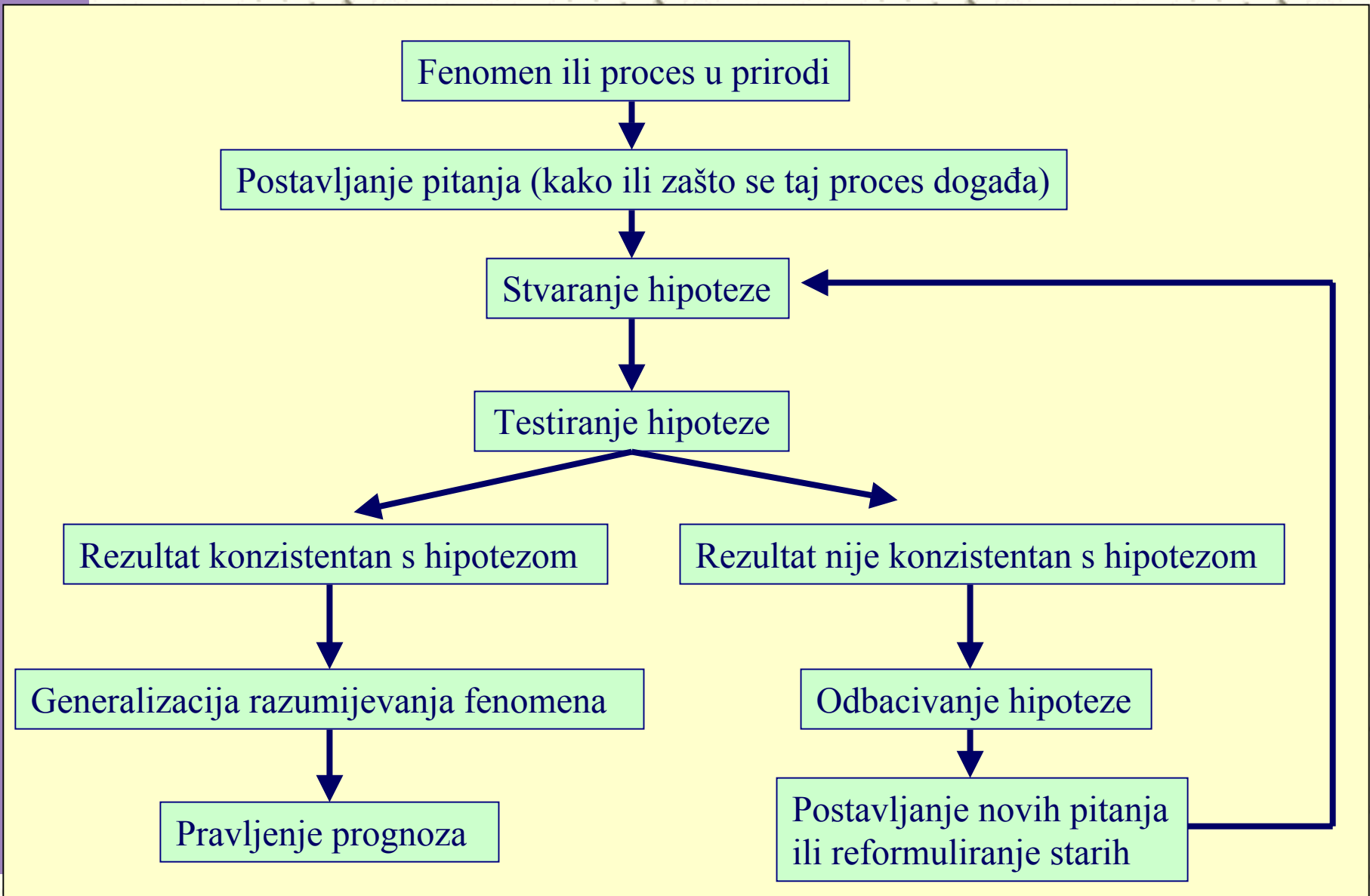
Znanstvena metoda

- Procedura koju koriste znanstvenici da bi pronašli odgovore na pitanja koja su od njihovog interesa, ali i interesa društva (*put do znanja*).

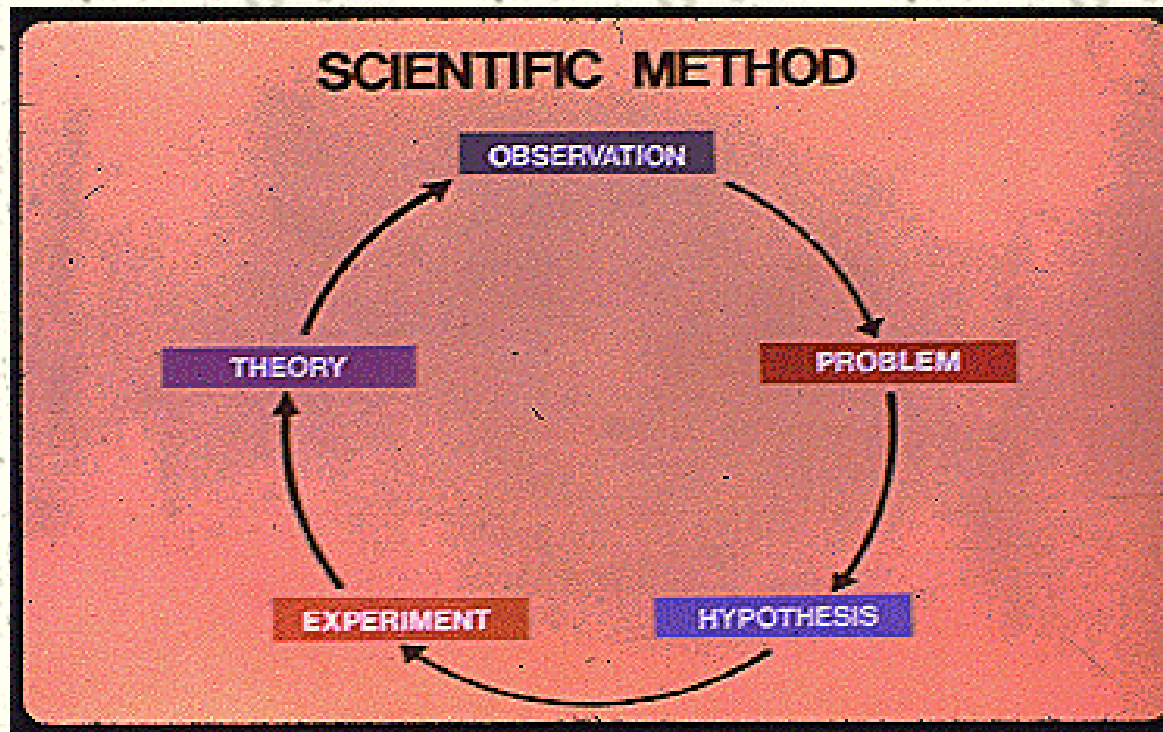
Znanstvena metoda

1. Opažanje fenomena (procesa)
2. Definiranje problema (pitanja)
3. Prikupljanje informacija (istraživanje problema)
4. Postavljanje hipoteze
5. Testiranje hipoteze
 - 5.1. Prognoza
 - 5.2. Provjera prognoze
 - 5.2.1. Eksperiment
 - 5.2.2. Opažanja i modeli
 - 5.3. Analiza testa
 - 5.4. Odluka
6. Donošenje zaključka
7. Postavljanje znanstvene teorije

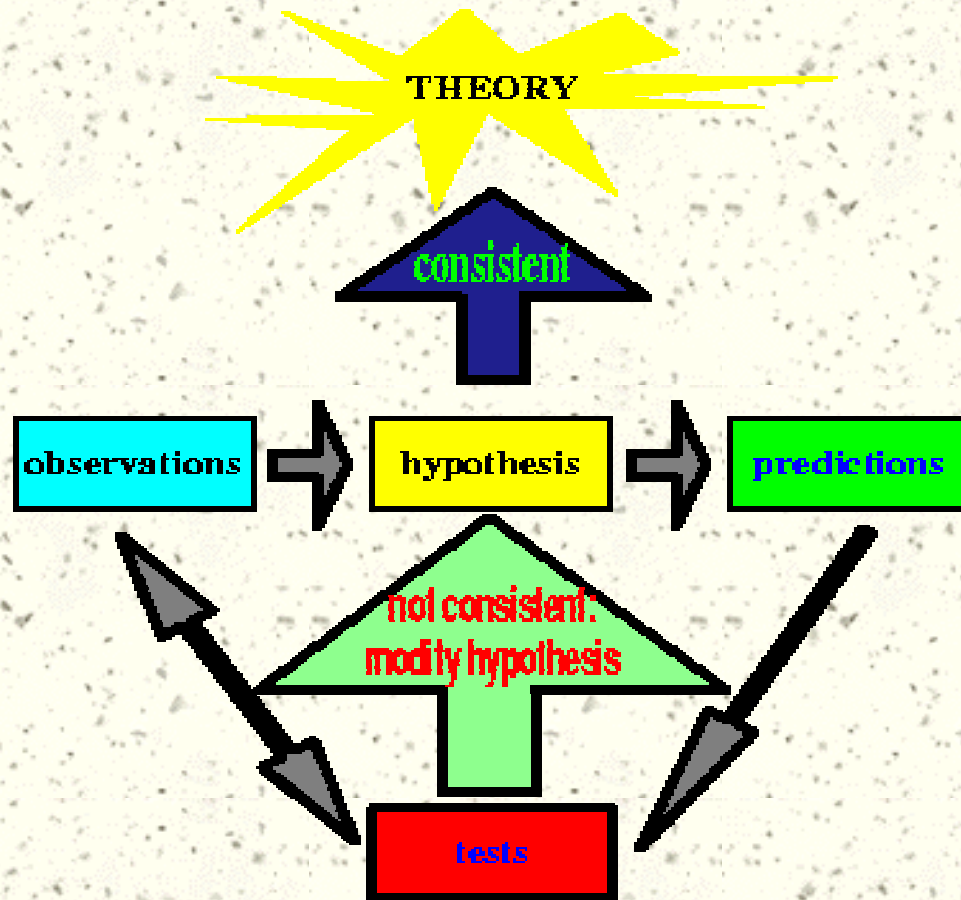
Znanstvena metoda



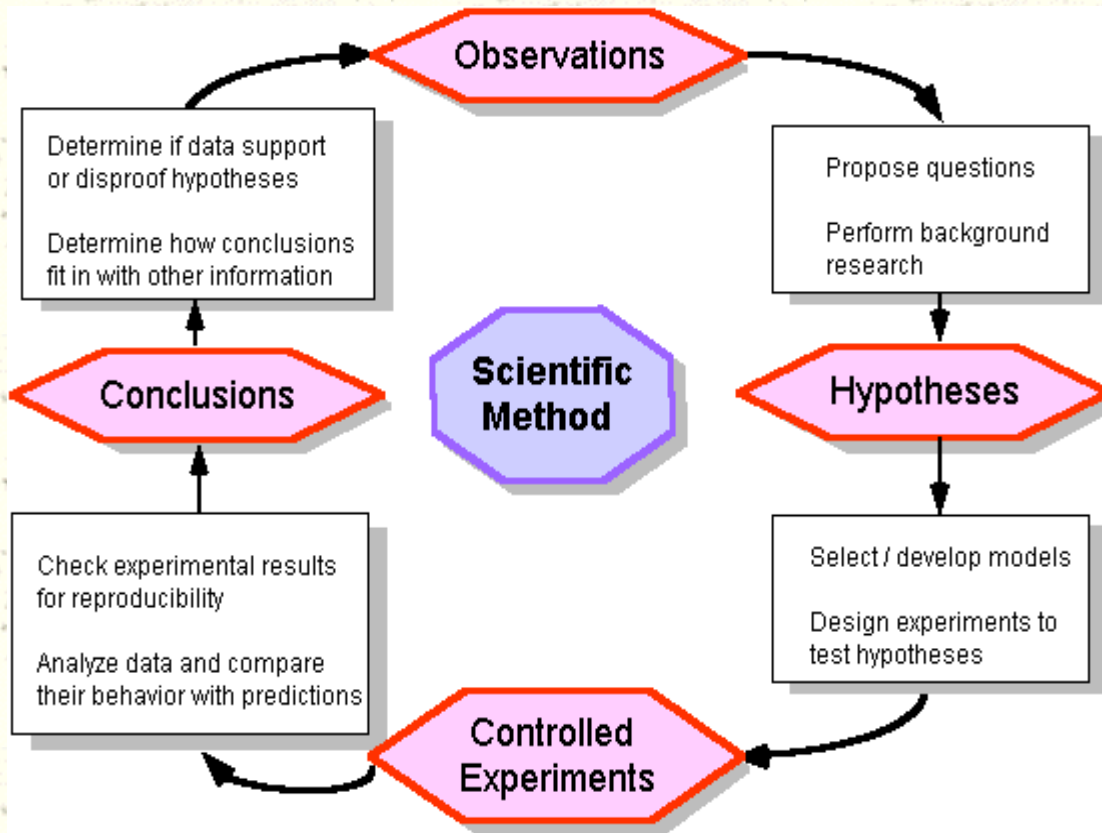
Znanstvena metoda



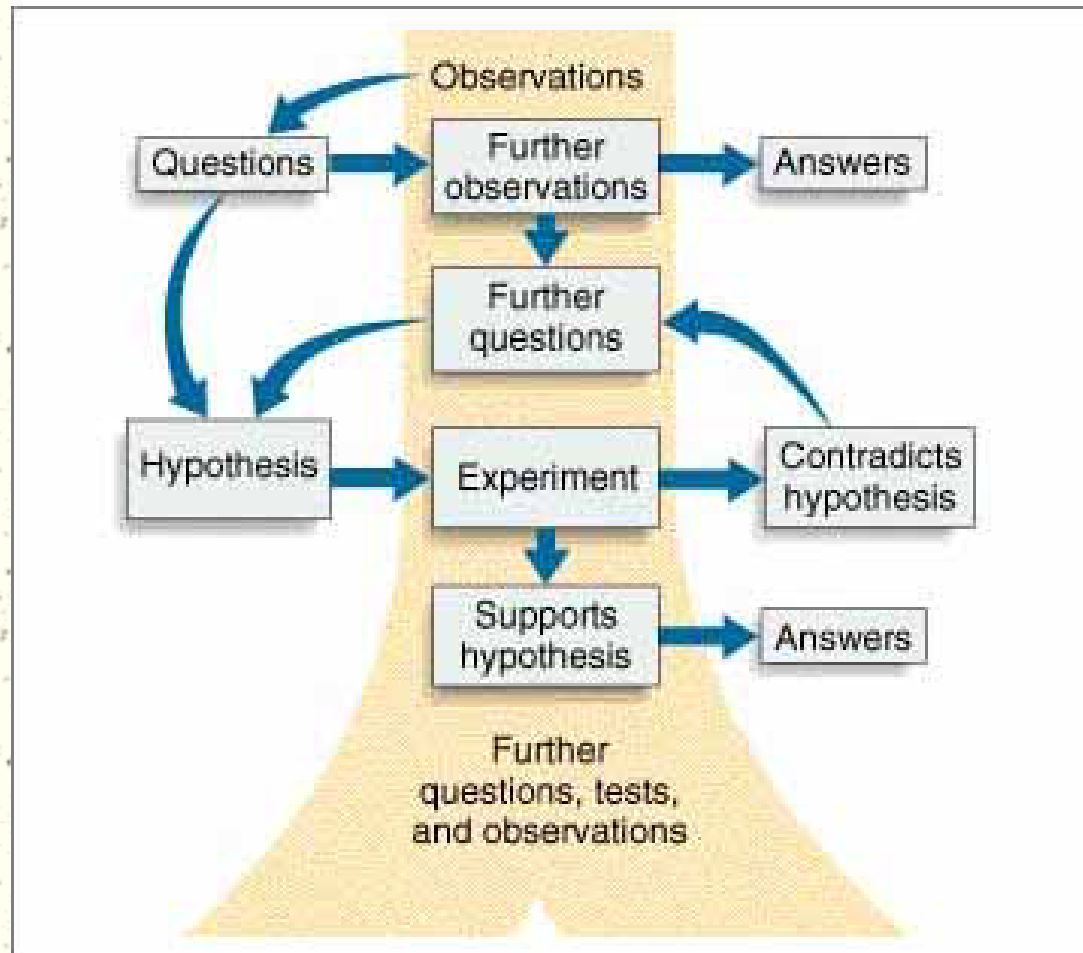
Znanstvena metoda



Znanstvena metoda

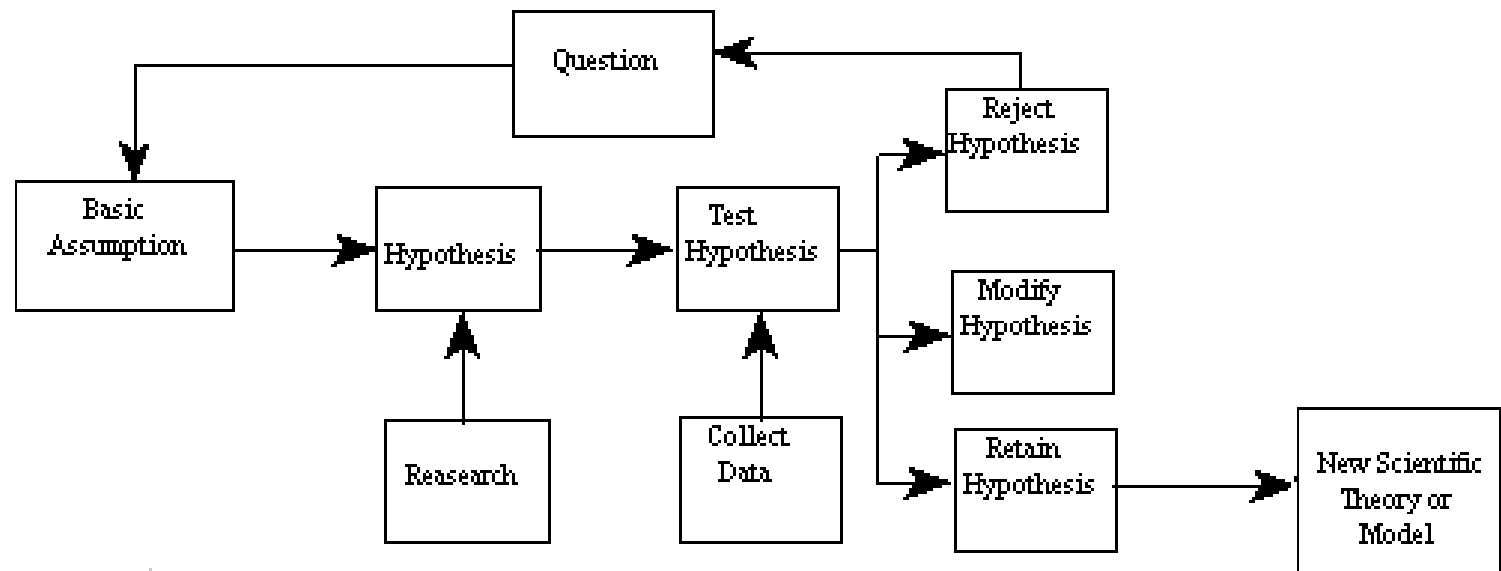


Znanstvena metoda

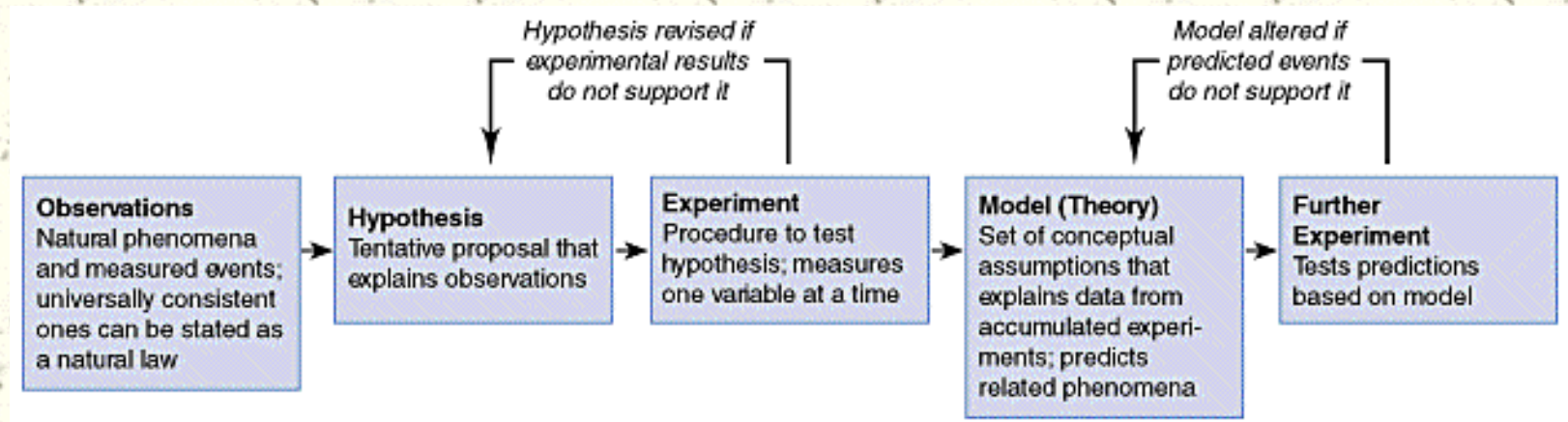


Znanstvena metoda

The Nature of Scientific Method



Znanstvena metoda



Znanstvena metoda



1. General Question



A. Do you understand it?
B. Have you discussed it before?
C. Have you researched the topic?

2. Hypothesis

3. Experimental Design

4. Collecting Data

5. Analyzing Data

6. Interpretation

7. Write it up

Znanstvena metoda



1. General Question

2. Hypothesis



3. Experimental Design

4. Collecting Data

5. Analyzing Data

6. Interpretation

7. Write it up

A. Are they really explanations?

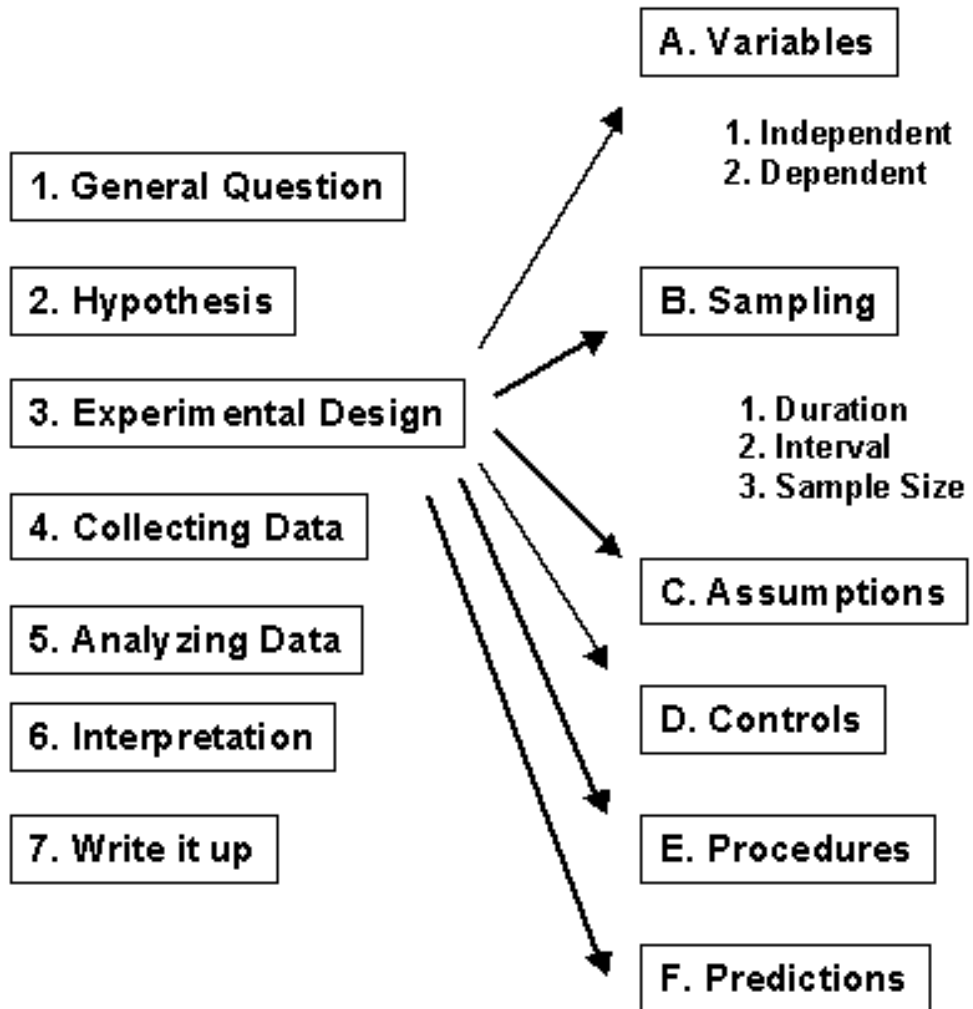
B. Are they testable?

C. What is the source of the hypothesis?

D. What logic did you use to create them?

E. Is there an alternative?

Znanstvena metoda



Znanstvena metoda



1. General Question

2. Hypothesis

3. Experimental Design

4. Collecting Data

5. Analyzing Data

6. Interpretation

7. Write it up

A. Quantitative

Data that can
be measured
with instruments.

B. Qualitative

Descriptive data
or observations.

1. Are your notes
complete?
2. Are your notes
clear?

Znanstvena metoda



1. General Question

2. Hypothesis

3. Experimental Design

4. Collecting Data

5. Analyzing Data

6. Interpretation

7. Write it up

A. Did you graph your data to look for a trend or pattern?

B. Statistics

- 1. Percentage or Proportion
- 2. Average
- 3. Comparison with other groups

Znanstvena metoda



1. General Question

2. Hypothesis

3. Experimental Design

4. Collecting Data

5. Analyzing Data

6. Interpretation

7. Write it up

A. Do the data
indicate your
hypothesis is
supported?

B. Do the data
indicate your
hypothesis is
refuted?

1. Was it a flaw in
your experimental
design?

2. Was it an
incorrect
hypothesis?

3. Was it a match
for an alternate
hypothesis?

4. Is there a new hypothesis?

Cool!

Znanstvena metoda



1. General Question

2. Hypothesis

3. Experimental Design

4. Collecting Data

5. Analyzing Data

6. Interpretation

7. Write it up

A. Your lab report must be both informative and convincing to your audience.

B. The arguments made in your report are based on data, and you must distinguish observations from interpretation.

C. You must include enough detail so that someone reading the report could repeat your experiment.

D. Describe the outcome of the experiment in your conclusion. Summarize your data and observations, but do not repeat the raw data recorded in the report.

E. If it appears your experiment failed, do not use the excuse that you "made a mistake". Can the results be explained in terms of some specific phenomena? Are there alternative hypotheses that explain what happened or are there specific things you realize you had not considered in your design or initial hypothesis?

SCIENTIFIC METHOD

1. Make an **OBSERVATION**
2. Define a **PROBLEM**
3. Form a **HYPOTHESIS**
4. Execute an **EXPERIMENT**
5. Derive a **THEORY**

2. PROBLEM

One asks a question about the observation. This question must be relevant and testable.

4. EXPERIMENT

One executes an experiment to test the validity of the hypothesis. Experiments must include a control and be replicated.

1. OBSERVATION

An observation is any information that is obtained either directly or indirectly through the senses.

An observation must be reproducible to be reliable.

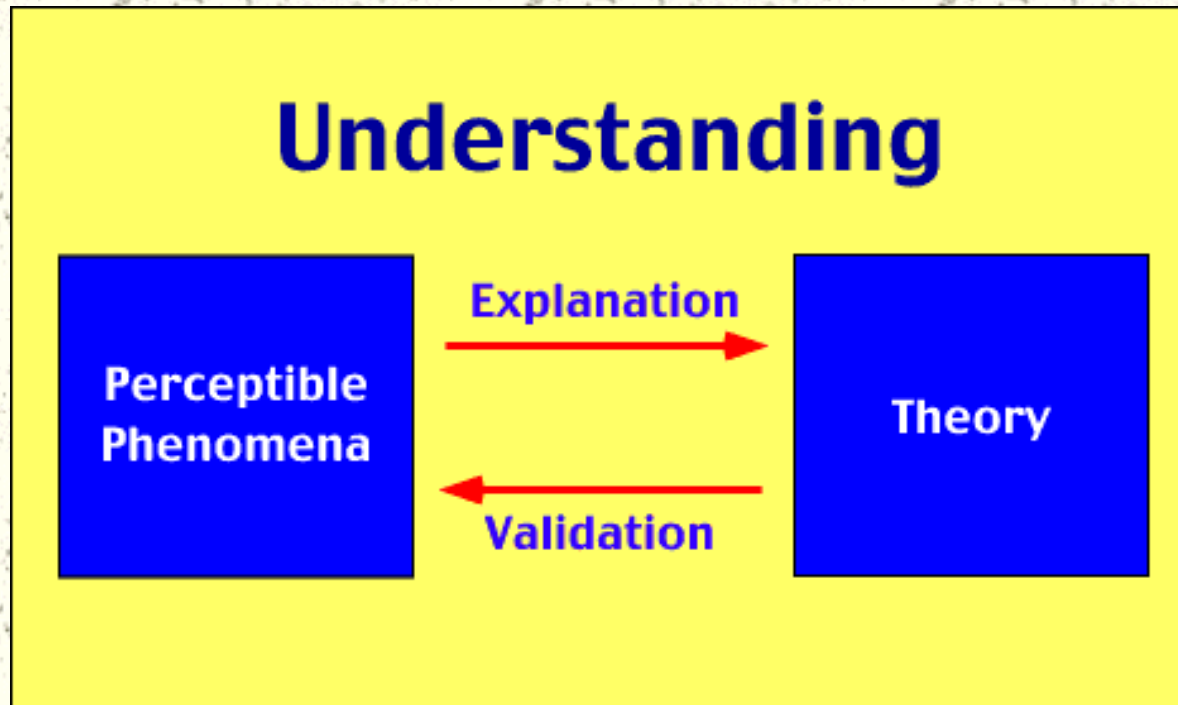
3. HYPOTHESIS

One guesses what the answer to the problem might be.

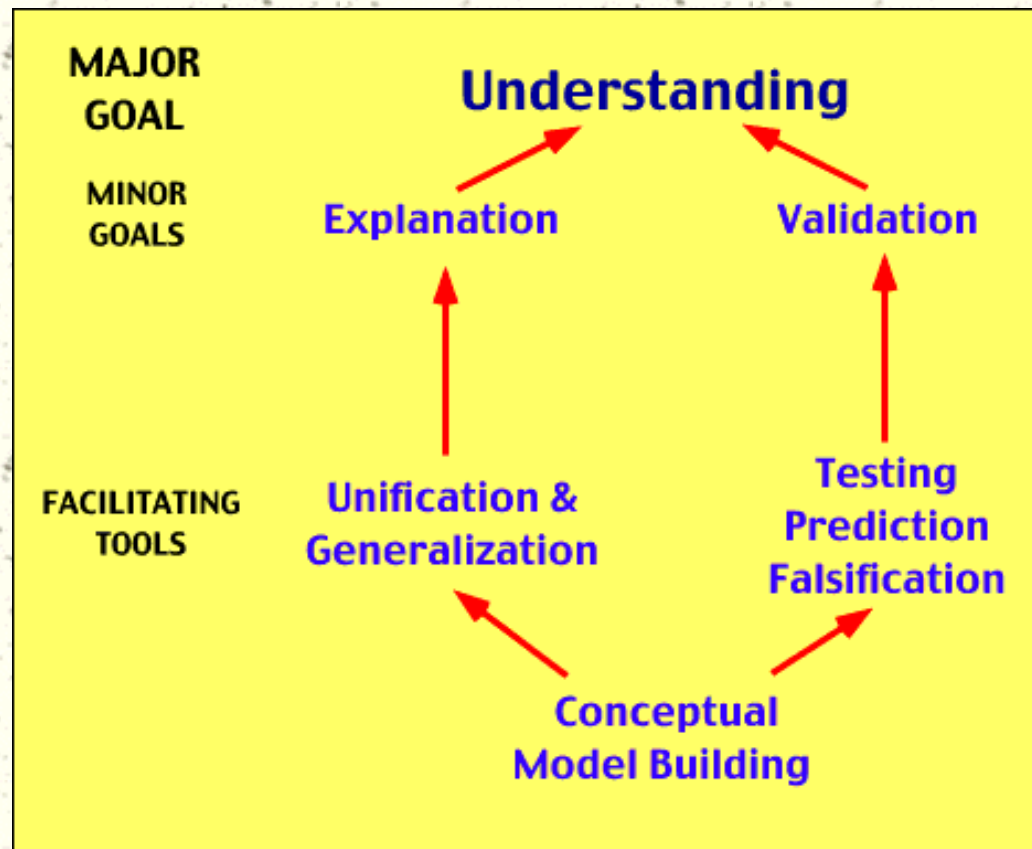
5. THEORY

A theory is a statement, based on experimental evidence, that predicts the likelihood of future observations.

Znanstvena metoda



Znanstvena metoda

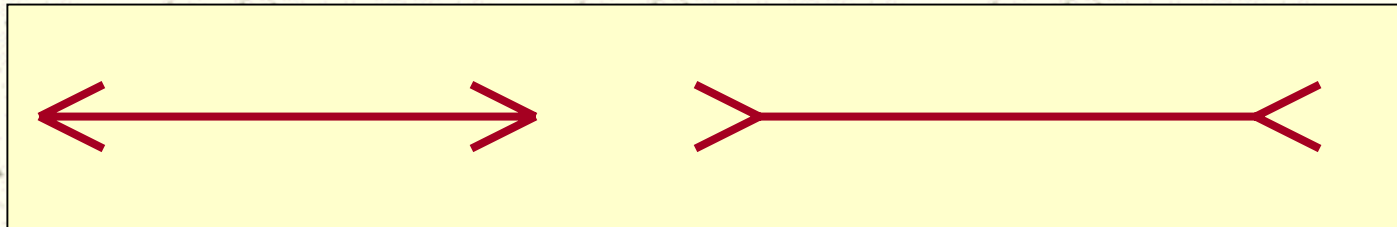


✦ Opažanje fenomena ili procesa u prirodi

- ✦ Opažanje - svaka informacija koju možemo dobiti preko naših osjetila I pomoću našeg razuma
- ✦ Bez opažanja svijeta oko nas ne bi bilo moguće postaviti znanstvena pitanja
- ✦ U procesu opažanja treba izbjegavati svaku pristranost (subjektivnost)
 - ✦ *Znanost i osjetila*
- ✦ *Mjerenje* - način kvantificiranja opažanja

Opažanje fenomena ili procesa u prirodi

- Naša osjetila nisu savršena (mjerjenja, instrumenti)
- Odgovorite na ovo pitanje: *Koja od ove dvije crte je duža?*



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

Definiranje problema (postavljanje pitanja)

- Svaki pokušaj sticanja znanja mora početi s postavljanjem pitanja
- Pitanje mora biti:
 - # *jasno postavljeno*
 - # *relevantno za problem*
 - # *postavljeno na način da je odgovor moguć*
 - # *pitanje mora biti što određenije, ne smije biti uopćeno*

Definiranje problema (postavljanje pitanja)

- Postoje pitanja na koja znanost ne može odgovoriti
 - Npr. *Zašto sam ja ovdje? (Zašto postoje ljudi?)*. Ako pitanje reformuliramo u *Kako sam ja ovdje došao?* Tada je na to pitanje moguće odgovoriti (o evoluciji znamo puno).
 - Na pitanje *Što je bilo prije, jaje ili kokoš?* je lako odgovoriti, dok je na pitanje *Što je bilo prije, kokošje jaje ili kokoš?* je već teže odgovoriti
 - Na pitanje *Je li bog budan?* Je nemoguće odgovoriti, dok je na pitanje *Je li Mladen budan?* moguće odgovoriti

Definiranje problema

RAZLIČITI TIPOVI PITANJA:

- *Problemi koji se odnose na opisivanje:*
 - Što je tamo?
 - Od čega ili kako je to napravljeno?
- *Problemi koji se odnose na procese ili uzroke i posljedice:*
 - Zašto se to događa?
 - Kako to radi?
- *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?
- *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?

#Postavljanje pitanja

- Gotovo se svaki problem može staviti u formu pitanja. Međutim, ukoliko je pitanje/problem previše uopćeno, biti će nemoguće upotrijebiti znanstvenu metodu za davanje odgovora. Što je problem određeniji veće su šanse nalaženja rješenja
- **Primjer:** Pretpostavimo da ste ribar. Možete se upitati:
 - *Kako mogu uhvatiti više ribe?* - **previše uopćeno pitanje**
 - *Kako mogu uhvatiti više ribe s mojom vršom?* - **ovo je pitanje određenije**
 - *Koja će vrsta mamca privući najviše riba u moju vršu?* - **ovo je još određenije pitanje koje traženje odgovora čini znatno lakšim**

Prikupljanje informacija (istraživanje problema)

- Da bismo mogli ponuditi rješenje nekog problema potrebno je problem proučiti
- Izvori informacija: *literatura; razgovori i interwievi; obilazak muzeja, knjižnica i znanstvenih ustanova; vlastita iskustva; opažanja*
- Istraživanje problema može rezultirati *redefiniranjem pitanja*

Primjer:

- *Što uzrokuje tumor kod morskih kornjača?*
- *Koja je veza između zagađenja mora i pojave tumora kod morskih kornjača?*

Postavljanje hipoteze

- Hipoteza - privremeno, najvjerojatnije rješenje problema
- *hypo + thesis → podloga ideje*
- Najvažnije značajke hipoteze:
 - # *Provjerljivost (samo one hipoteze koje uključuju prirodne procese i prirodne zakone mogu biti testirane)*
 - # *Mogućnost odbacivanja hipoteze kao netočne*
 - # *Mogućnost davanja prognoze*

Postavljanje hipoteze

- Hipoteza ne mora uvijek biti ispravna. Najveći dio vremena koji se utroši na znanstveni rad je upravo pokušaj da se odredi valjanost hipoteze
- Ako se hipoteza ne može testirati, onda znanost ne može dati odgovor na pitanje o njenoj ispravnosti
- Na primjer:
 - Hipoteza: *Bog je uvijek budan* je neprovjerljiva
 - Hipoteza: *Mladen je uvijek budan* je provjerljiva
 - Hipoteza: *Na Mjesecu žive mali zeleni, ali se oni ne mogu ničim detektirati* nema to svojstvo da se njena neistinitost može dokazati
 - Hipoteza: *Na Mjesecu ne žive mali zeleni* ima svojstvo da se njena neistinitost može dokazati
- **Alternativne hipoteze** - znanstvenici često nude više mogućih hipoteza

Testiranje hipoteze

- Proces testiranja ispravnosti hipoteze uključuje nekoliko faza:
 - *Postavljanje prognoze*
 - *Testiranje hipoteze (prognoze)*
 - Eksperiment
 - Modeli i opažanja
 - *Analiza testa*
 - *Donošenje odluke*

Testiranje hipoteze

PROGNOZA

- # Prognoza često ima oblik “ako ... onda” (ako je hipoteza točna **onda** se može očekivati određeni rezultat - *prognoza*)
- # Prognoza se sastoji od tri dijela:
 - 1. Ukoliko je hipoteza točna
 - 2. tada će se dogoditi ... (*prognoza*)
 - 3. unatoč (*manipulacija*)
- Manipulacija je *ono* što bi moglo pokazati da hipoteza nije točna
- # *Prošli događaji se ne mogu testirati!!!*

PROGNOZA

Ockhamov princip (W. Ockham 14. st.)

Pluralitas non est ponenda sine neccesitate (Entitete ne treba nepotrebno multiplicirati ili pojednostavljeno ne komplicirajmo stvari)

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.

Eksperiment – *Organizirani skup procedura kojima se želi utvrditi da li hipoteza može riješiti problem*

Eksperimentalnu znanstvenu metodu čini mogućom *postojanje uzročno-posljedičnog odnosa*

Važne značajke eksperimenta:

- # *Kontrola*
- # *Replikacije*
- # *Ponovljivost*
- # *Objektivnost*
- # *Jedan uzrok rezultatata*

Eksperimentalni podaci

- # *Deskriptivni (opisni)*
- # *Numerički (brojčani)*

Varijable u eksperimentu

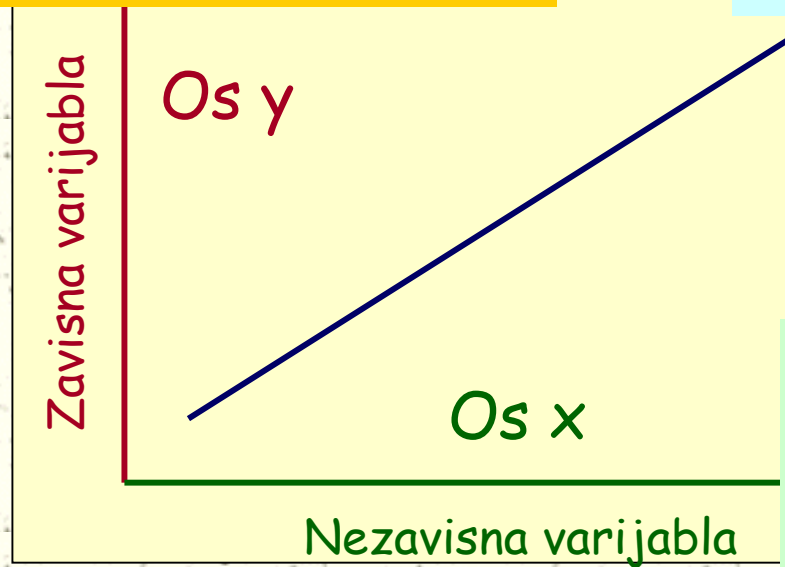
- # *Nezavisna varijabla*
- # *Zavisna varijabla*

#Eksperiment – *Variable u eksperimentu*

Varijabla koja je ovisna o nezavisnoj varijabli. Promjene ove varijable funkcija su promjena nezavisne varijable. Ovu varijablu mjerimo tijekom eksperimenta

Funkcija koja pokazuje oblik ovisnosti zavisne varijable o nezavisnoj varijabli

Kontrolne varijable – sve druge varijable koje su u eksperimentima konstantne (ne mijenjaju se)



Varijabla koja se u eksperimentu varira i prati se utjecaj promjena ove varijable na zavisnu varijablu

Opažanja i modeli

- # Brojni su problemi koji se ne mogu istraživati eksperimentalno (svemir, geološki procesi, evolucija itd.).
- # Ovi se problemi mogu rješavati pomoću:
 - **Modela** - modeli prognoziraju određene rezultate, a model se testira na način da se dobiveni rezultati uspoređuju s onim što se događa u prirodi
 - **Opažanja i mjerenja** koja se mogu pretočiti u fizikalne i druge zakone

Oblikovanje i izvođenje eksperimenta

Opažanje:

- Dva različita klatna se njišu različitim brzinama!

Pitanje:

- O čemu ovisi brzina njihanja klatna?

Alternativne hipoteze:

- A) Brzina njihanja ovisi o težini utega
- B) Brzina njihanja ovisi o početnoj amplitudi
- C) Brzina njihanja ovisi o duljini klatna
- D) Brzina njihanja ovisi o sva tri faktora

Oblikovanje i izvođenje eksperimenta

✦ Eksperiment:

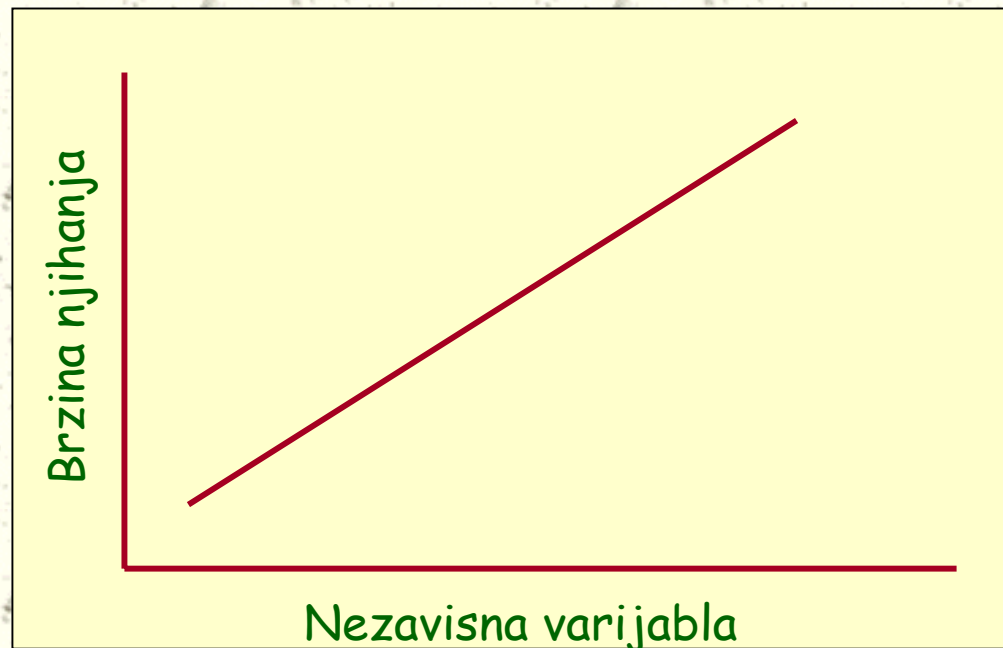
	1. eksperiment	2. eksperiment	3. eksperiment
Nezavisna varijabla	Težina utega	Početna amplituda	Duljina klatna
Zavisna varijabla	Brzina njihanja	Brzina njihanja	Brzina njihanja
Kontrolirane varijable	Početna amplituda Duljina klatna	Težina utega Duljina klatna	Težina utega Početna amplituda

✦ Eksperimentalni podaci:

- Numerički (brojčani): Vrijeme potrebno za 50 ciklusa njihanja klatna

Oblikovanje i izvođenje eksperimenta

- # Izvođenje eksperimenta
- # Zaključak (donošenje odluke)
- # Mogućnost pravljenja prognoze



Testiranje hipoteze

■ Analiza testa

- Statistička obrada podataka (važnost replikacija)
- Razina *signifikantnosti* (značajnosti)
- Kada je hipoteza statistički potvrđena potrebno je kazati s kojim stupnjem značajnosti (kolika je vjerojatnost da je hipoteza točna)
- ZAPAMTIMO: Za hipotezu se može dokazati da je pogrešna, ali nikada da je 100% točna!!!

■ Donošenje odluke

- Odbaciti ili prihvatiti hipotezu
- Da li znanstvenike zabrinjava što je hipoteza pogrešna

Eksperiment s replikacijama: analiza podataka

Zadatak:

- Usporedba rezultata dobivenih u eksperimentu i kontroli ili kolika je vjerojatnost da je hipoteza točna?

Primjer:

- Hipoteza: Ježinci su bolji mamac od dagnji za privlačenje ribe u vršu
- Eksperiment: Na istu lokaciju bačeno je 20 potpuno jednakih vrša s tim da su u 10 vrša kao mamac stavljene dagnje, a u drugih 10 ježinci

Eksperiment s replikacijama: analiza podataka

Eksperimentalni podaci:

- Eksperimentalni podaci su brojčani i predstavljaju broj ulovljenih riba u svakoj vrši:

Prosječni broj ulovljenih riba bio je veći u vršama u kojima su mamac kao mamac bili ježinci.

Je li dobivena razlika dovoljna da bismo ježince sa sigurnošću proglasili boljim mamcem?

Vrša	Mamac: dagnje	Mamac: ježinci
1. vrša	27	42
2. vrša	14	40
3. vrša	25	32
4. vrša	37	23
5. vrša	29	21
6. vrša	13	28
7. vrša	26	41
8. vrša	38	36
9. vrša	42	40
10. vrša	12	32
Srednjak	26.30	33.50

Eksperiment s replikacijama: analiza podataka

Testiranje razlike (donošenje odluke)

- 1. Ključno pitanje za donošenje odluke (zaključka) o tome koji je mamac bolji je *da li je utvrđena razlika značajna?*
- 2. Značajnost razlike ovisi o tome koliko je razlika između dvije aritmetičke sredine veća od pogreške te razlike. Taj je odnos u statistici poznat kao *t-odnos, t-test ili Studentov test:*

$$t = \text{razlika} / \text{standardna pogreška razlike}$$

PARAMETAR	SIMBOL	DEFINICIJA
Pojedinačni rezultati	$x_1, x_2, \dots, x_N$	
Broj rezultata	N	
Aritmetička sredina	$\bar{x}$	$\Sigma x / N$
Varijanca	s^2	$\Sigma (x - \bar{x})^2 / N - 1$
Standardna devijacija	s	$\sqrt{s^2}$
Standardna pogreška aritmetičke sredine	s_x	$s / \sqrt{N}$
Razlika između dviju aritmetičkih sredina	$x_1 - x_2$	$x_1 - x_2$
Standardna pogreška razlike između dviju aritmetičkih sredina	$s_{x_1-x_2}$	$\sqrt{s^2_{x_1} + s^2_{x_2}}$
t - test	t	$(x_1 - x_2) / s_{x_1-x_2}$
Stupnjevi slobode	df	N-1

Razina značajnosti

- # Kolika treba biti t-vrijednost, odnosno koliku ćemo razinu značajnosti odabrati. U biologiji se najčešće koriste razine značajnosti od 5% i 1%
- # Razina značajnosti od 5% bi u našem primjeru značila sljedeće:
 - Ako između dvije vrste mamaca zaista, u stvarnosti, nema razlike onda bi se razlika koju smo dobili mogla slučajno dogoditi u samo 5% slučajeva, a to je malo vjerojatno pa zato možemo uzeti da je razlika statistički značajna
 - Dakle, razina značajnosti od 5% zapravo znači vjerojatnost od 5% da smo pogriješili (uzimamo da između dviju vrsta mamaca postoji razlika i pri tome rizik da smo ipak izveli pogrešan zaključak iznosi 5%)
 - Ako smo ustanovili da je neka razlika statistički značajna na razini od 5% ili manjoj onda to pišemo $P < 0.05$, što znači da je vjerojatnost (P) da smo pogriješili manja od 5%
 - Ako smo ustanovili da razlika nije statistički značajna na razini od 5% onda to pišemo $P > 0.05$, što znači da je vjerojatnost pogreške veća od kriterija koji smo si postavili (u ovom slučaju 5%)

Razina značajnosti i mogućnost pogreške

- # Možemo odabrati stroži (1%) ili blaži (5%) kriterij
- # Bez obzira koji kriterij odabrali uvijek se izlažemo riziku da učinimo jednu od dvije moguće pogreške koje se u statistici nazivaju *pogreška tipa 1 (alfa)* i *pogreška tipa 2 (beta)*

Odluka	STVARNO STANJE	
	Nema razlike	Postoji razlika
Odbacujemo hipotezu	Pogreška tipa 1	Nema pogreške
Prihvaćamo hipotezu	Nema pogreške	Pogreška tipa 2

- # Ako odaberemo blaži kriterij (npr. razinu značajnosti od 5%) izlažemo se riziku da neku razliku ne proglasimo kako se dvije aritmetičke sredine razlikuju, a zapravo između njih u stvarnosti nema razlike (*pogreška tipa 1*)
- # Ako odaberemo stroži kriterij (npr. razinu značajnosti od 1%) izlažemo se riziku da neku razliku ne proglasimo značajnom iako razlika stvarno postoji (*pogreška tipa 2*)

PARAMETAR	Mamac: dagnje	Mamac: ježinci
Aritmetička sredina	26.30	33.50
Standardna devijacija	10.75	7.61
Standardna pogreška aritmetičke sredine	3.40	2.41
Razlika između dvije aritmetičke sredine	7.20	
Standardna pogreška razlike između dvije aritmetičke sredine	4.17	
Omjer između razlike i standardne pogreške razlike (t-omjer)	1.73	
Stupnjevi slobode (broj uzoraka - 1)	9	
Granična vrijednost t za razinu značajnosti pd 5% (podatak iz tablice)	2.26	
Je li razlika značajna na razini od 5% (t-omjer mora biti veći od granične vrijednosti iz tablice)	Nije statistički značajna ($P > 0.05$)	
Kolika je razina značajnosti razlike	$P = 0.1009$ ili 10%	
ODLUKA	ODBACUJEMO HIPOTEZU	

Zaključak

- # Potvrđena hipoteza → Objavljena hipoteza → Višestruko potvrđena hipoteza → Znanstvena činjenica → Znanstvena teorija
- # Znanstvenici se kod zaključivanja koriste dvjema metodama:
 - **Induktivna metoda** - od pojedinačnog k općem (često se smatra jedinom pravom znanstvenom metodom)
 - **Deduktivna (hipotetsko-deduktivna) metoda** - od općeg k pojedinačnom (često koristi *ako ... onda logiku*)

Induktivno zaključivanje

Primjer 1

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

Primjer 2

- # Našli ste nepotpisanu poruku
- # **Postupak:** čiji je rukopis, tko bi mogao ostaviti poruku tog sadržaja, itd.

Deduktivno zaključivanje

Primjer 1

- # - sve životinje imaju stanice
- # - moj pas ima stanice

Primjer 2

- # Našli ste nepotpisanu poruku
- # **Postupak:** eliminirati sve koji nisu poslali poruku

Znanstvena teorija

Zadnji korak u znanstevnoj metodi

Definicije:

- *Jedinstveno i konzistentno objašnjenje fundamentalnih prirodnih procesa i fenomena, koje se temelji na potvrđenim hipotezama*
- *Opće prihvaćeno objašnjenje za neki prirodni fenomen*
- *Teorija predstavlja okvir unutar kojega su opažanja objašnjena i unutar kojega se prave prognoze*

Nastanak znanstvene teorije:

- # Teorija 1: *Kada bacima kamen on padne na zemlju*
- # Teorija 2: *Kada bacim bilo što to padne na zemlju*
(Teorija 1 je sada *specijalni slučaj* Teorije 2)
- # Teorija 3: *Stvari koje su lakše od zraka se podižu prema gore; stvari koje su teže od zraka padaju dolje* (Još uvijek imamo samo jednu teoriju; Teorije 1 i 2 su specijalni slučajevi Teorije 3)

Znanstvena teorija

Pogrešne teorije!

- Pogrešne teorije su također korisne. Svaka je teorija cigla u gradnji nove, bolje i općenitije teorije (danas je široko u promjeni fizika 19. st. koja je u osnovi pogrešna)

Istina i dokaz u znanosti

- Teorija često ima ograničenu primjenjivost i ne može objasniti nove dokaze. To ne znači da je pogrešna.
- Ponekad nova teorija predstavlja potpuno novi konceptualni pogled
- Znanstvene teorije imaju različit stupanj pouzdanosti (nijedna nije 100% pouzdana)

Ukoliko se teorije mijenjaju, gdje je istina?

- *Istina se ne mijenja!* Kada kažemo da je teorija "istinita" to znači da je ona *u skladu sa svim poznatim eksperimentalnim dokazima*. Teorija u danom trenutku predstavlja najbolju moguću aproksimaciju istine

Identifikacija problema

**Moguća objašnjenja
(alternativne hipoteze)**

Ockhamov princip

Prognoza

Testiranje hipoteze

Zaključak

Pokušavamo upaliti lampu i ona ne radi

a) lampa nije uključena u struju

b) žarulja je izgorjela

c) lampa je pokvarena

d) demon je začarao lampu

Biramo najvjerojatniju hipotezu (a ili b)

Ako je točna naša hipoteza da je izgorjela žarulja, tada će nakon što je zamijenimo lampa proraditi

Zamijenimo žarulju

a) Lampa radi - problem je riješen

b) Lampa ne radi - odbacujemo hipotezu

Opažanje

Definiranje problema

Prikupljanje informacija

Postavljanje hipoteze

Testiranje hipoteze

Zaključak

Znanstvena teorija

Zelene biljke žive na osvijetljenim, osunčanim staništima

Je li sunce bitno za život biljaka?

LITERATURA: zelene biljke vrše fotosintezu za što im je potrebno svjetlo

Svjetlo je biljkama neophodno za život

EKSPERIMENT: Uzgajanje biljaka na svjetlu i u mraku

Svjetlo je neophodno za život biljaka

Svjetlo je neophodno za život **svih** biljaka

Znanstvena metoda se može prakticirati i u rješavanju svakodnevnih problema:

Problem - Želim u petak navečer s nekim izaći!

Istraživanje problema

- Što može riješiti moj problem?
- Što moram znati o mom problemu?
- Istražite mogućnosti (potencijalni kandidati!)
- Eliminirajte one gdje je šansa mala
- Razmotrite ono što je vjerojatno

Hipoteza

- Najjednostavnije rješenje je često najbolje rješenje (Ockhamov princip)
- Moj partner za izlazak bi mogao biti XY

Testiranje hipoteze

- EXPERIMENT: Nazvat ću XY i pitati ga!

Zaključak

- A) Hipoteza je bila ispravna (imate ugovoreni izlazak)
- B) Hipoteza je bila pogrešna - **nemojte odustati!**
 - Proanalizirajte sve još jedanput
 - Što je bilo pogrešno u hipotezi?

Znanstvena metoda

Zlatna pravila:

- # Nađi problem i postavi jasno svoje ciljeve
- # Prikupi podatke koji će voditi k cilju
- # Ne znači da sve što se može izmjeriti (što je izmjerljivo) zaista i treba izmjeriti!
- # Shvatite da je na neka ekološka pitanja nemoguće odgovoriti (sačuvajte živce, novac, čir na želucu i poneki brak)
- # Nikada nemojte davati ekološke procjene bez mjerenja njihove moguće pogreške
- # Budite skeptični vezano za rezultate statističkih testova signifikantnosti (značajnosti)
- # Nikada ne miješajte statističku signifikantnost s biološkom
- # "Garbage in, garbage out!"