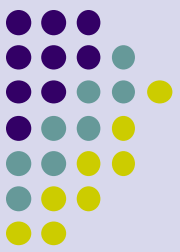


Mjerne nesigurnosti u nastavi fizike

Ana Sušac
Fizički odsjek, PMF
Sveučilište u Zagrebu



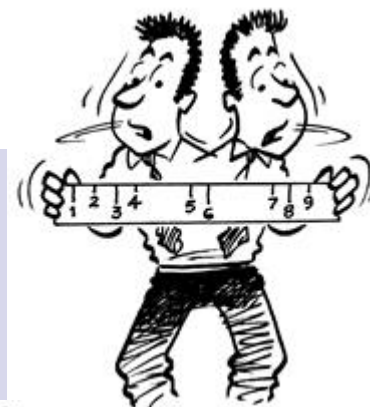
Mjerenja u fizici

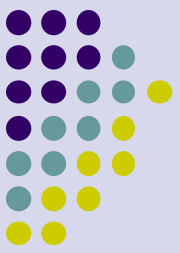
- važnost mjerenja
- određivanje mjerne nesigurnosti je sastavni dio mjerenja
- rezultat mjerenja je uvijek interval vrijednosti
- nije moguće uspoređivati rezultate mjerenja i donositi zaključke bez razmatranja mjernih nesigurnosti
- nesigurnost mjerenja \neq pogreška mjerenja



Uzroci nesigurnosti mjerenja

- utjecaj okoliša
- procjena kod očitavanja analognih instrumenata
- osjetljivost instrumenta (digitalni uređaji)
- kalibracija uređaja
- pretpostavke i aproksimacije eksperimentalnog dizajna
- varijacije u rezultatima u ponovljenim mjerenjima

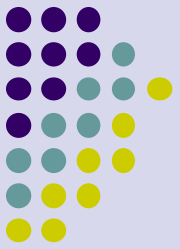


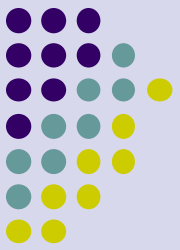


Studentske poteškoće

- moguće je napraviti savršeno mjerenje neke veličine (mjerenje bez nesigurnosti) uz dovoljno vremena i novca
- uvijek treba koristiti srednju vrijednost da bi se dobio konačni rezultat niza mjerenja
- važna je samo srednja vrijednost kod usporedbe dva skupa mjerenja, čak i kad imaju različite intervale pouzdanosti
- točnost i preciznost su sinonimi

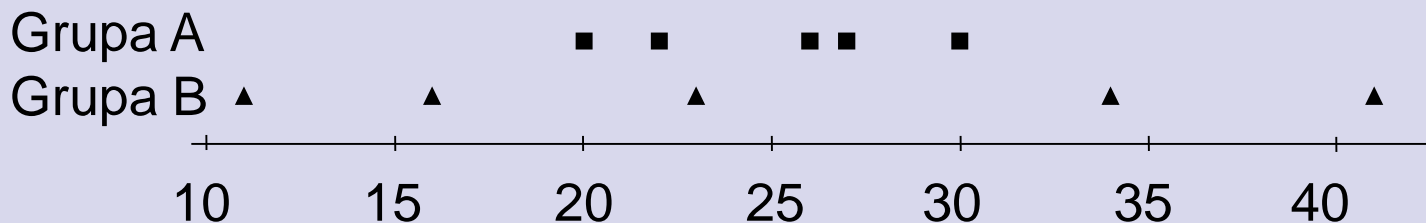
Mjerenja u našoj nastavi

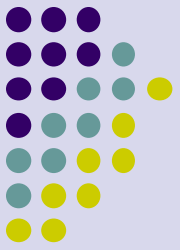




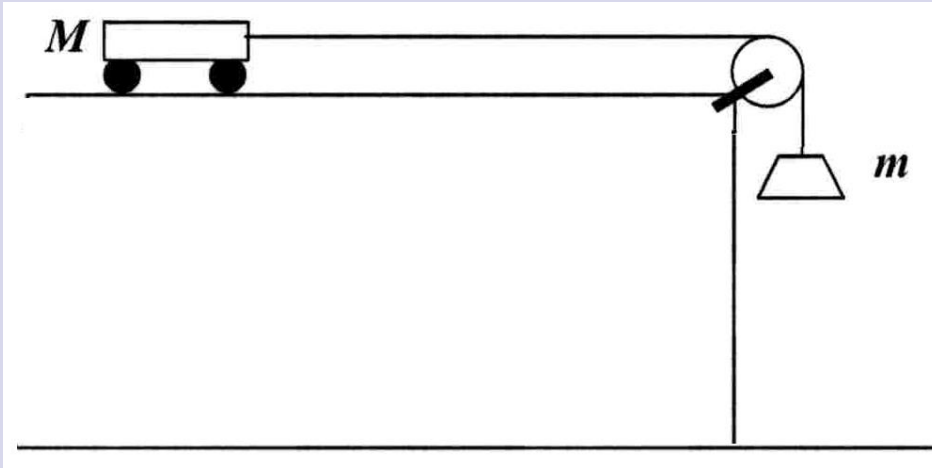
Mjerenja u našoj nastavi

- nije dovoljno napraviti jedno mjerenje
- očitavanje (analogni ili digitalni uređaj)
- u srednjoj školi maksimalna apsolutna pogreška kao mjera nesigurnosti kod ponovljenih mjerenja
- srednja vrijednost \pm maks. aps. pogreška
- kvaliteta podataka





Usporedba rezultata mjerenja

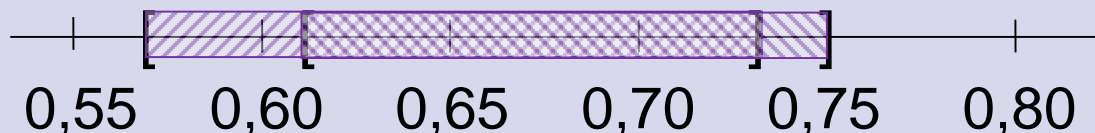


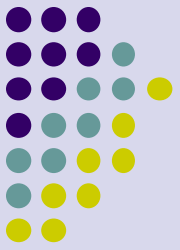
- Koji sustav promatramo?
- Koje vremenske trenutke razmatramo?
- Vrijedi li zakon očuvanja energije?

$$E_1 = 0,68 \text{ J} \quad E_2 = 0,65 \text{ J} \quad E_1 = E_2?$$

➤ Procjena mjerne nesigurnosti i usporedba intervala

$$E_1 = (0,68 \pm 0,07) \text{ J} \quad E_2 = (0,65 \pm 0,08) \text{ J}$$





Zapis rezultata mjerenja

Učenci su izmjerili sljedeće vrijednosti napona na polovima neopterećene baterije: 1.50 V, 1.51 V, 1.53 V i 1.50 V.

Koji od predloženih odgovora predstavlja ispravan zapis rezultata toga mjerenja?

- A. $(1.50 \pm 0.03) \text{ V}$
- B. $(1.50 \pm 0.01) \text{ V}$
- C. $(1.51 \pm 0.02) \text{ V}$
- D. $(1.51 \pm 0.03) \text{ V}$

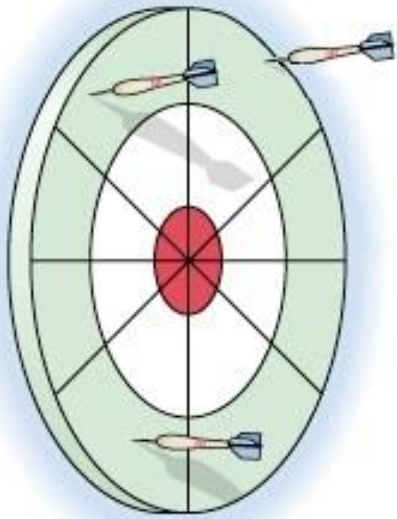
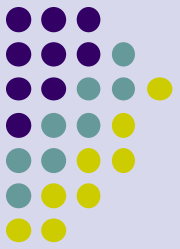
• 94 %

Dobili ste dijamant. Izvagali ste ga i dobili sljedeće vrijednosti: $m_1 = 8,15 \text{ g}$, $m_2 = 8,16 \text{ g}$, $m_3 = 8,17 \text{ g}$, $m_4 = 8,19 \text{ g}$ i $m_5 = 8,23 \text{ g}$.

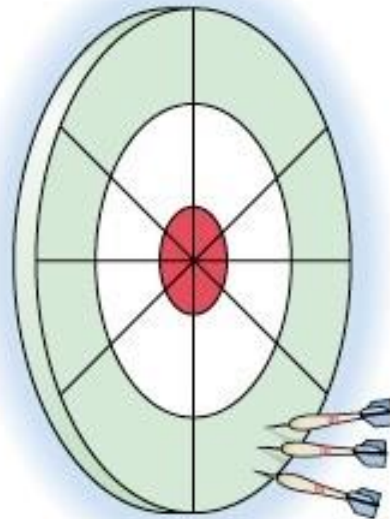
Kolika je srednja vrijednost ovog mjerenja i pripadna maksimalna apsolutna pogreška?

• 27 %

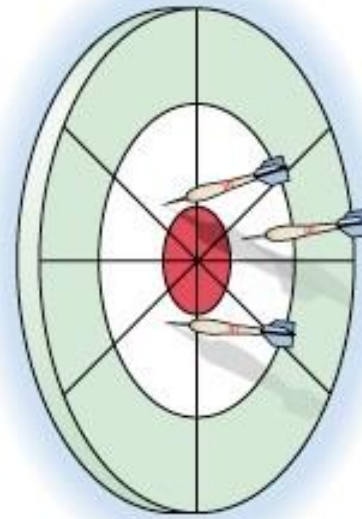
Točnost i preciznost



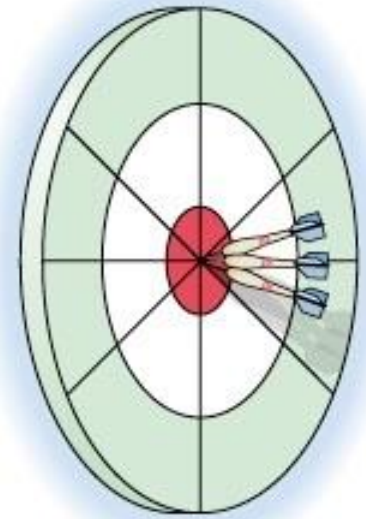
netočno
neprecizno



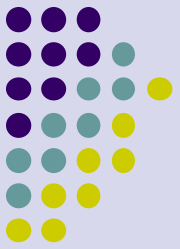
netočno
precizno



točno
neprecizno



točno
precizno



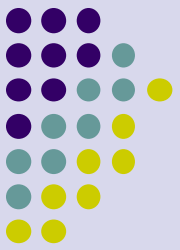
Istraživanje

Studenti nastavničkih smjerova na Fizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu

- Testiranje
 - 48 studenata prve godine
 - 53 studenta viših godina
- Mjerenje pokreta očiju
 - 30 studenata viših godina

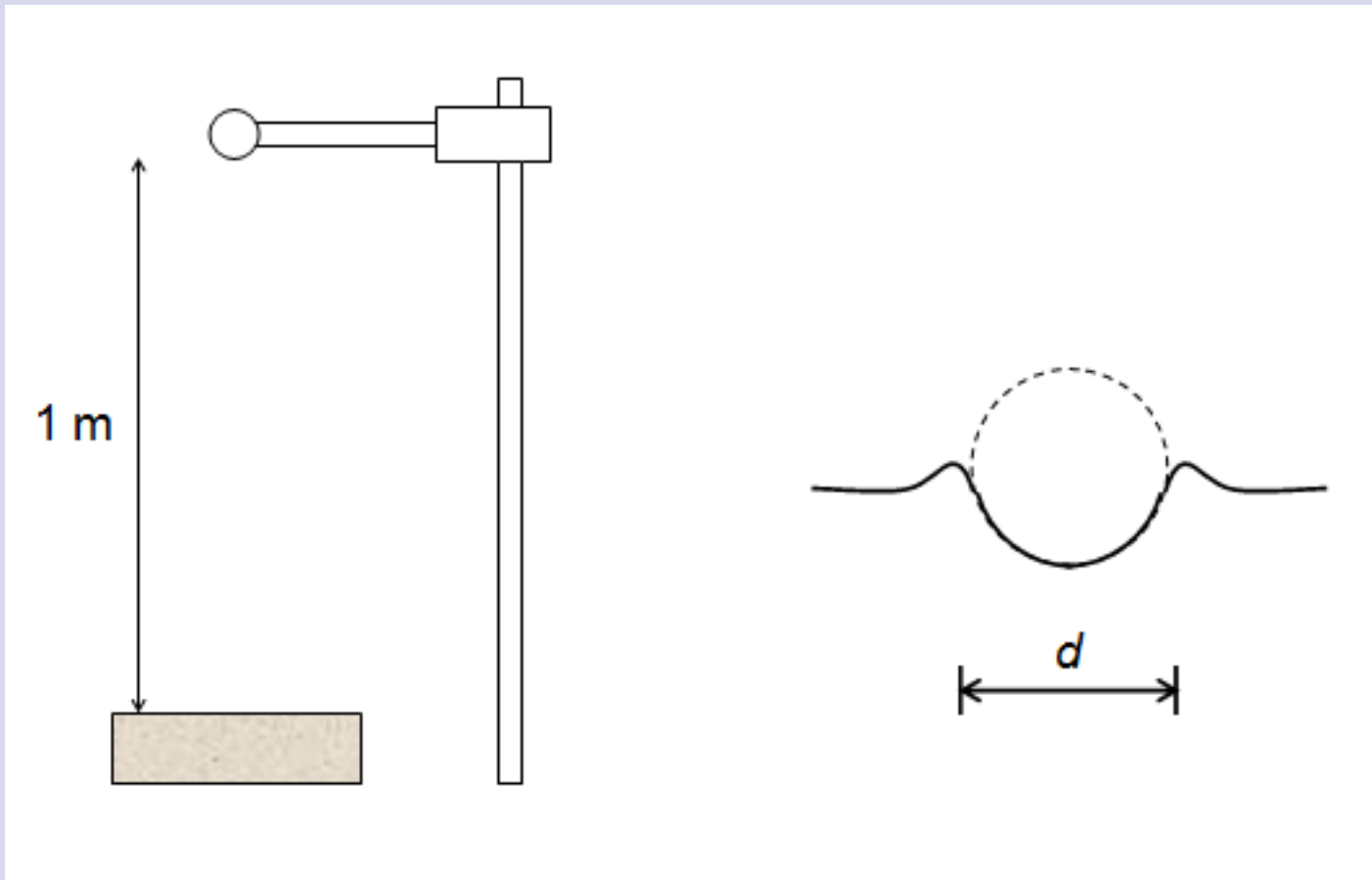
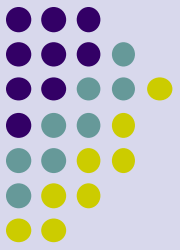


Što smo pitali ispitanike?

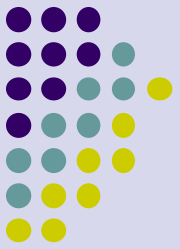


- 1: računanje srednje vrijednosti, prepoznavanje grube pogreške
- 2: iskazivanje mjerne nesigurnosti
- 3: kvaliteta mjerenja
- 4&5: usporedba mjerenja
- 6&7: točnost i preciznost
- 8: zapis rezultata mjerenja, značajne znamenke

Primjer zadatka



Pitanje



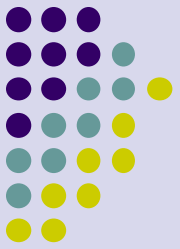
1a. Studenti su dobili sljedeće vrijednosti mjerenja:

d/mm 23 18 26 40 23 20

Koji broj najbolje predstavlja ovaj skup mjerenja?

- a) 22 mm
- b) 23 mm
- c) 25 mm
- d) 29 mm





Obrazloženje

1b. Obrazloženje:

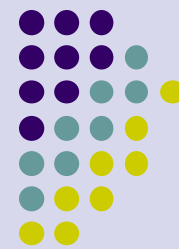
a) Taj se broj dobije ako se zbroje sve vrijednosti mjerenja i taj zbroj podijeli sa 6.

b) Taj se broj dobije ako se izbacij mjerjenje od 40 mm, zbroje preostale vrijednosti mjerenja i taj zbroj podijeli s 5.

c) Taj se broj pojavio dva puta u mjerenjima, a ostali samo jedanput.

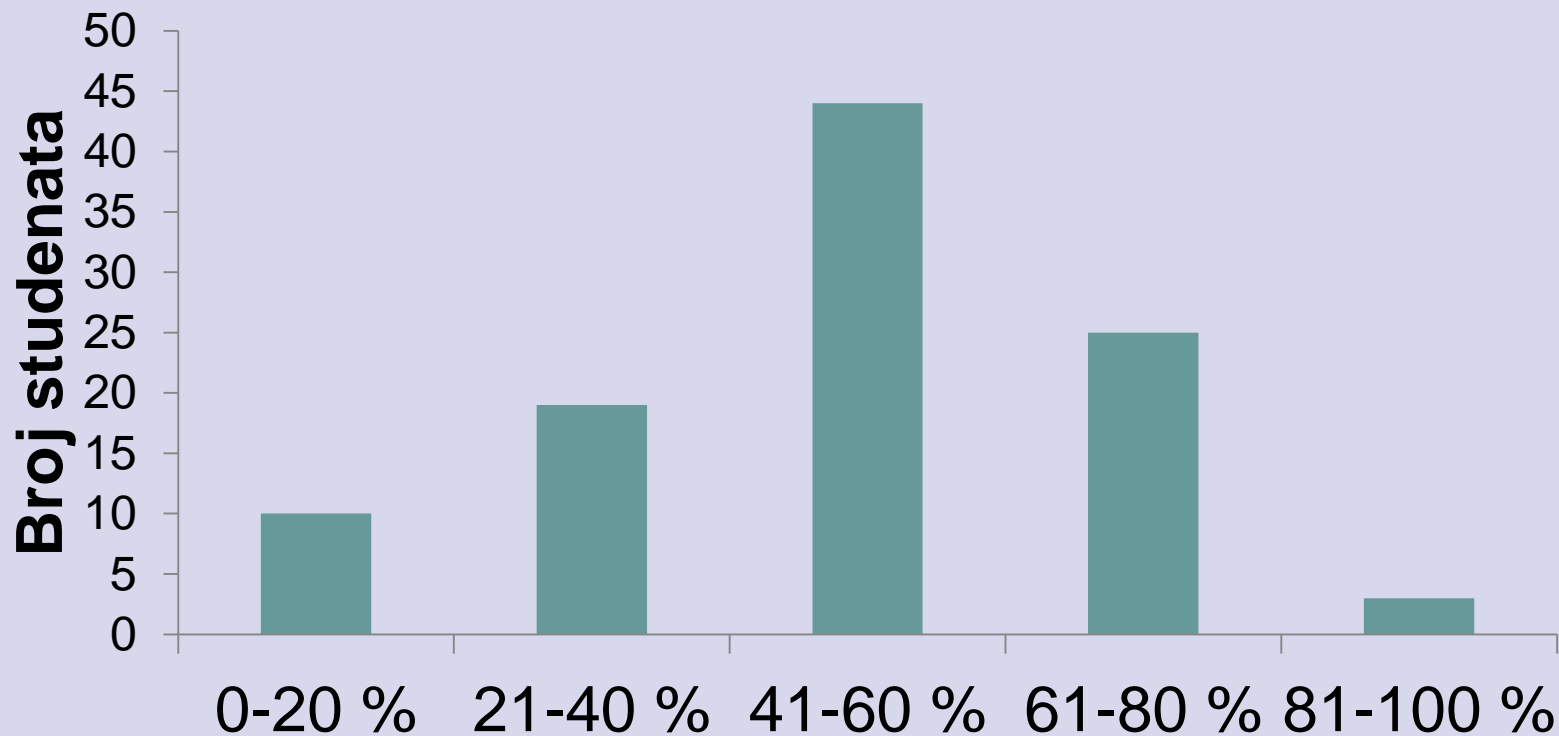
d) Taj je broj na sredini izmjerenih vrijednosti.

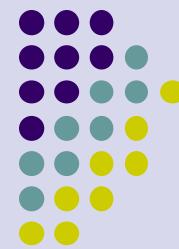
e) Drugo obrazloženje: _____



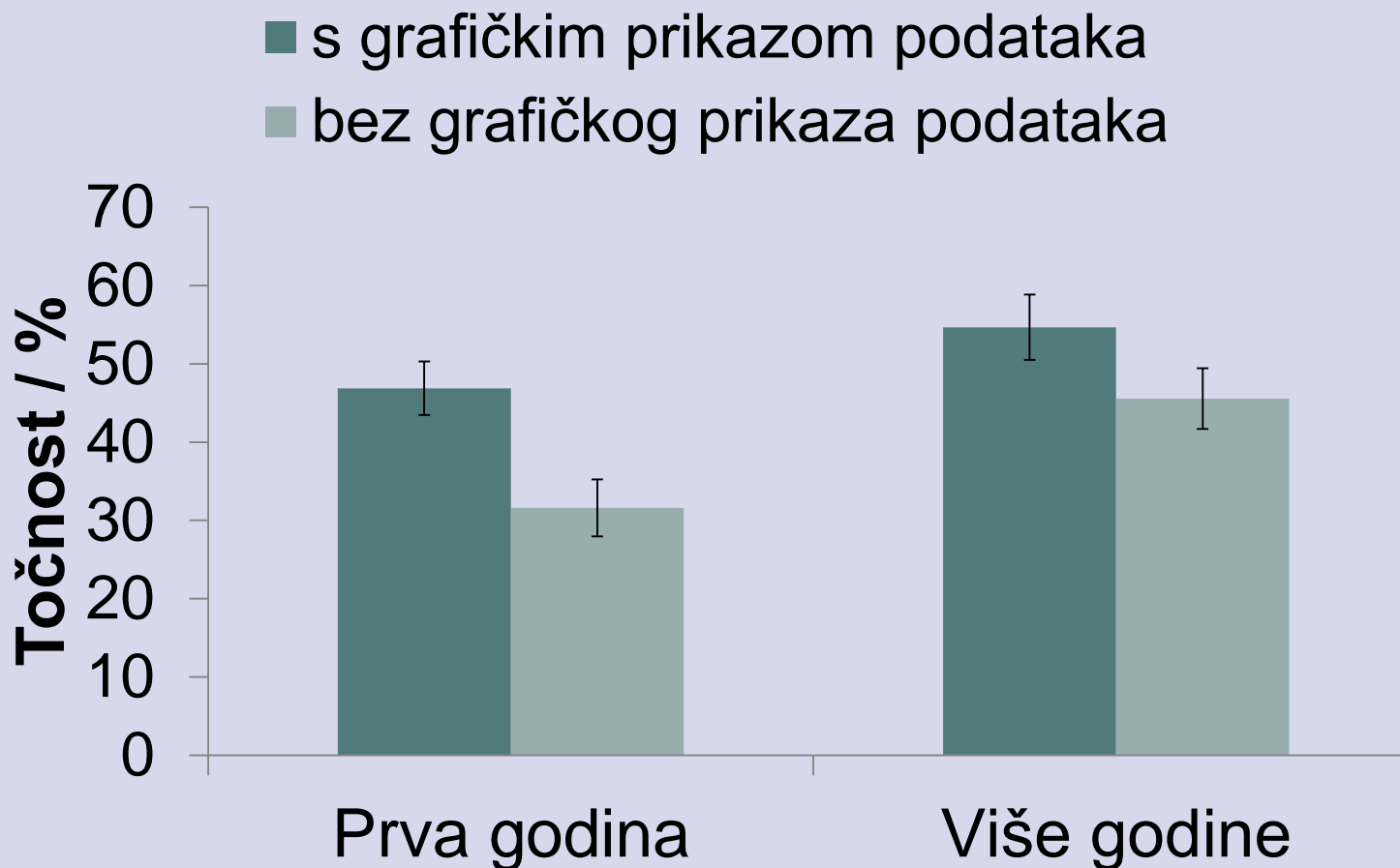
Rezultati

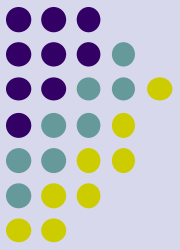
- točnost = $(49 \pm 20) \%$



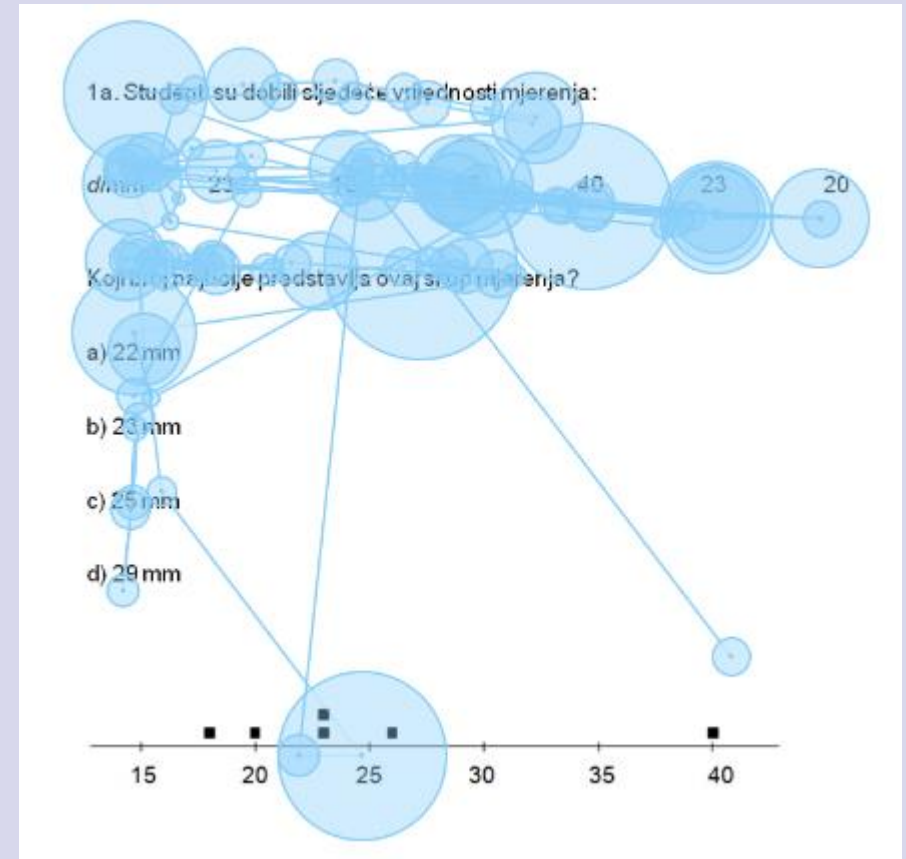


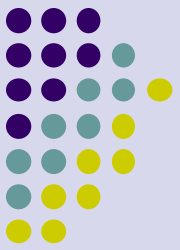
Pomaže li grafički prikaz?





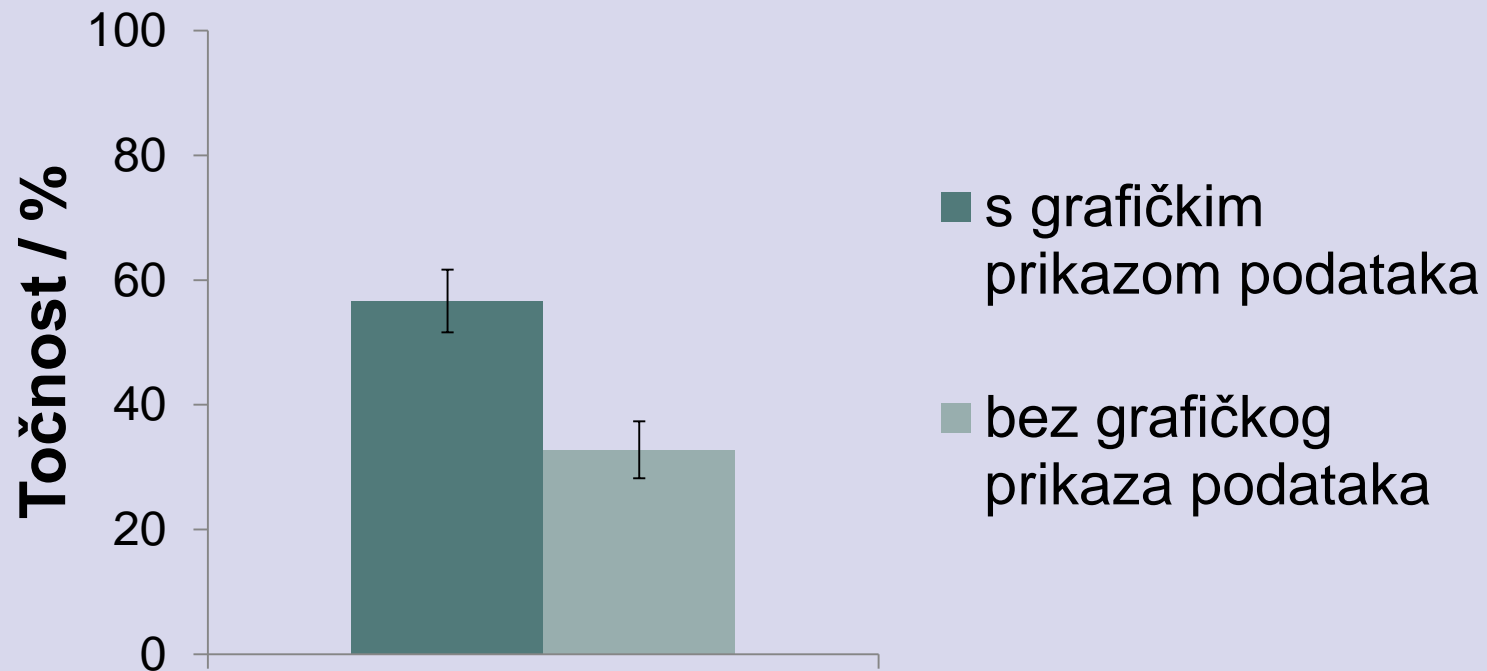
Mjerenje pokreta očiju

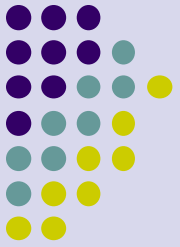




Rezultati

- Grafički prikaz rezultata opet pomaže!





Rezultati

- S grafičkim prikazom podataka

- Bez grafičkog prikaza podataka

5a. Dvije su grupe studenata dobile sljedeće rezultate mjerenja promjera traga kuglice u pijesku d , izražene u mm:

Grupa A 19 22 20 25 24 srednja vrijednost = 22

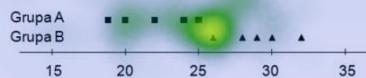
Grupa B 29 32 28 26 30 srednja vrijednost = 29

Slazu li se rezultati mjerenja grupe A i grupe B?

a) Da.

b) Ne.

c) Ne može se procijeniti.



5a. Dvije su grupe studenata dobile sljedeće rezultate mjerenja promjera traga kuglice u pijesku d , izražene u mm:

Grupa A 19 22 20 25 24 srednja vrijednost = 22

Grupa B 29 32 28 26 30 srednja vrijednost = 29

Slazu li se rezultati mjerenja grupe A i grupe B?

a) Da.

b) Ne.

c) Ne može se procijeniti.



Područja interesa



Vrijeme gledanja



Da. Dija su grupa sta. Uvodni tekst. Ispitna pitanja i odgovori. Ispitna pitanja i odgovori. Ispitna pitanja i odgovori.

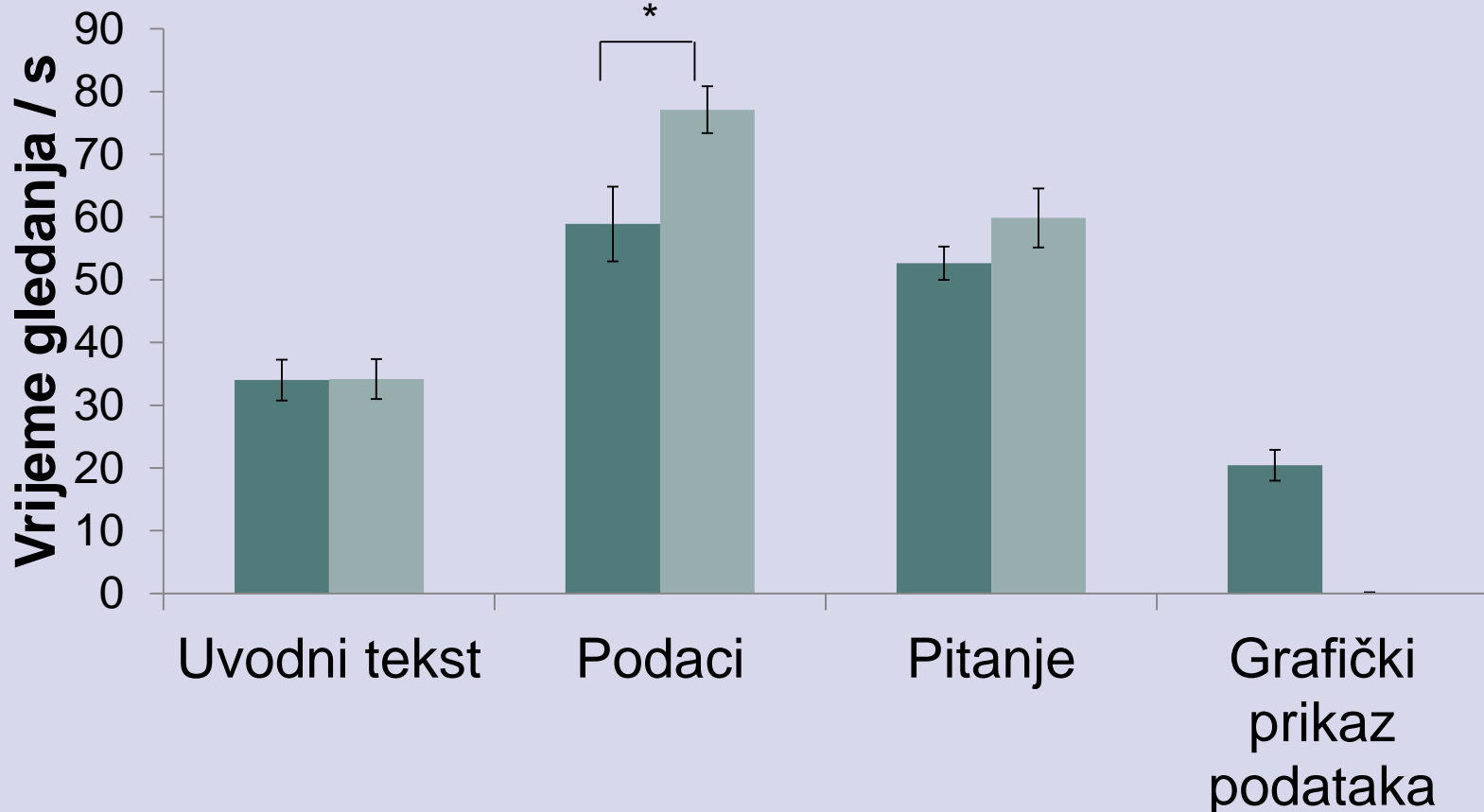
Grupa	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Grupa A	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67	70	73	76	79	82	85	88	91	94
Grupa B	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	86	89	92	95	98

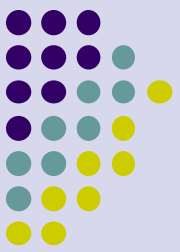
Grupa A sa rezultatima ispitivanja grupa A i grupa B? Pitanje. a) Da. b) Ne. c) Na to ne mogu procijeniti.

Grupa A. Grupa B. Grafički prikaz podataka.



- s grafičkim prikazom podataka
- bez grafičkog prikaza podataka

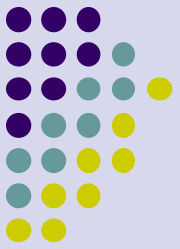


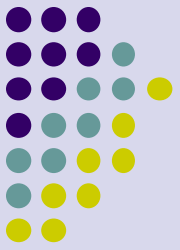


Zaključci istraživanja

- mnogi studenti imaju poteškoća u razumijevanju mjerne nesigurnosti
- grafički prikaz podataka je koristan
- rad u praktikumu pozitivno utječe na razumijevanje mjerne nesigurnosti
- mjerenje pokreta očiju je potvrdilo ove rezultate i dalo novi uvid u studentske strategije

Hvala

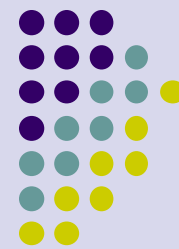




I THOUGHT I WAS
INTERESTED IN UNCERTAINTY
BUT NOW I'M NOT SO SURE



JOSH

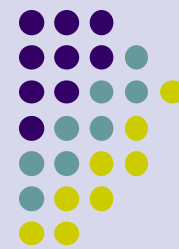


Paralelne sekcije u 15 h

- IKT u nastavi fizike → Donat II
- Promišljanja srednjoškolske i sveučilišne nastave fizike → Donat I (kongresna)

Radionice:

- Chaotic Arduino → škola (polazak ispred Donata 14.50)
- Električno polje, napon i potencijal (SŠ) → Novi Park (Funimation)
- Naboji, napon i struja (OŠ) → Bura (Funimation)



Paralelne sekcije u 17 h

- Pokusi u nastavi fizike → Donat I (kongresna)
- Promišljanja osnovnoškolske nastave fizike
→ Donat II

Radionice:

- Upotreba računalnih simulacija u nastavi fizike → škola (polazak ispred Donata 16.50)
- Razumijevanja koncepta akceleracije → Novi Park (Funimation)
- Dramske tehnike u nastavi fizike → Bura (Funimation)