

# **SOFTVERSKA STRUKTURA KOORDINATNIH MERNIH MAŠINA**

# Softverska podrška na KMM

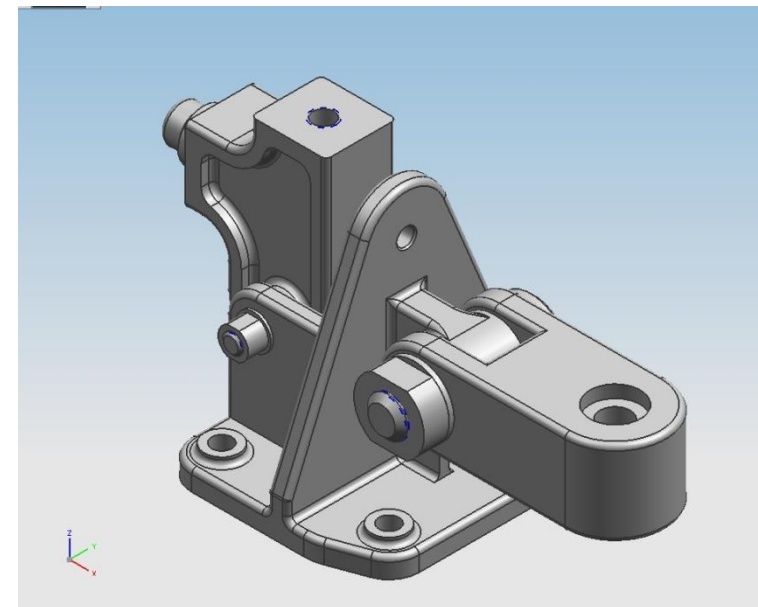
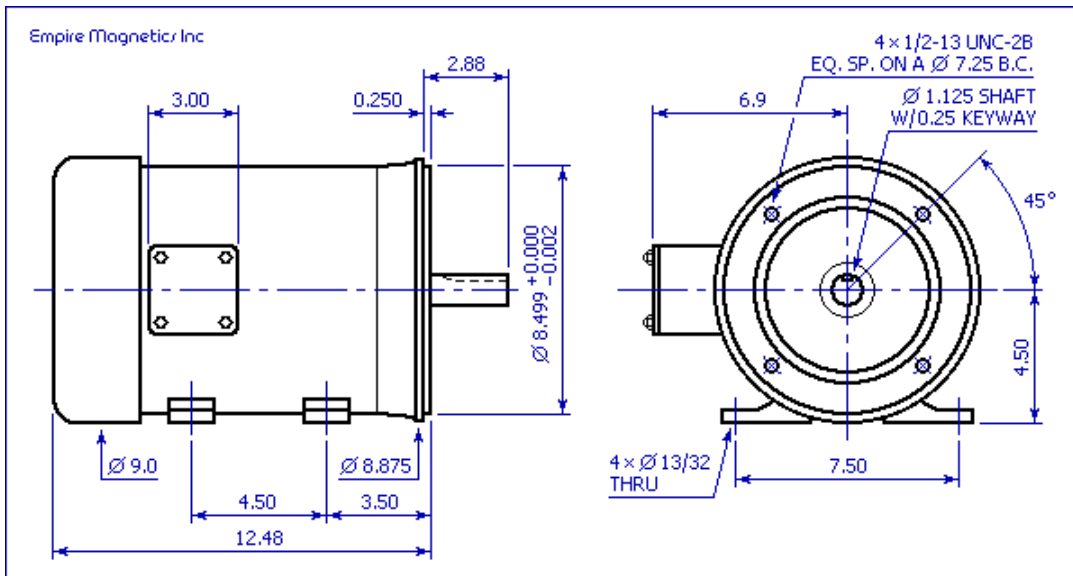
- ✓ **Softverska podrška** na KMM obuhvata:
  - ✓ **softver za tolerancije dužina, uglova, oblika i položaja** (merne mogućnosti, princip generisanja koordinatnog sistema merenja, fleksibilnost izlaznih izveštaja),
  - ✓ **softver za merenje i inspekciju zupčanika** (princip generisanja mernih tačaka, merne mogućnosti),
  - ✓ **softver za merenje i inspekciju krivih linija i površina** (merne mogućnosti, princip generisanja nominalne konture, fleksibilnost izlaznih izveštaja),
  - ✓ **softver za statističke analize i sinteze** (mogućnosti analize),
  - ✓ **softver za komunikaciju i integraciju** (principi i mogućnosti povezivanja).

# Osnovni principi softvera za KMM

Merni predmeti čije se merenje ili inspekcija vrši na KMM, određeni su **idealnom** (nominalnom) i **realnom** geometrijom.

**Idealna geometrija** je definisana **tehničkim crtežom** ili **CAD modelom** mernog predmeta, a sa aspekta praktične primene (modeliranja, projektovanja, planiranja) opisuje se:

tačkom, pravom, krugom, ravni, sferom, cilindrom, kupom, elipsom i torusom.

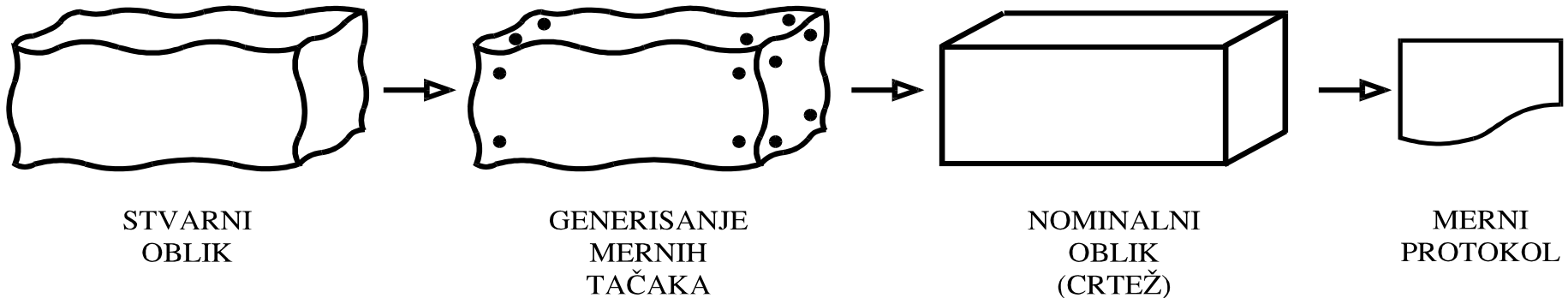


# Osnovni principi softvera za KMM

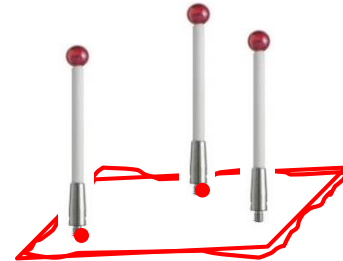
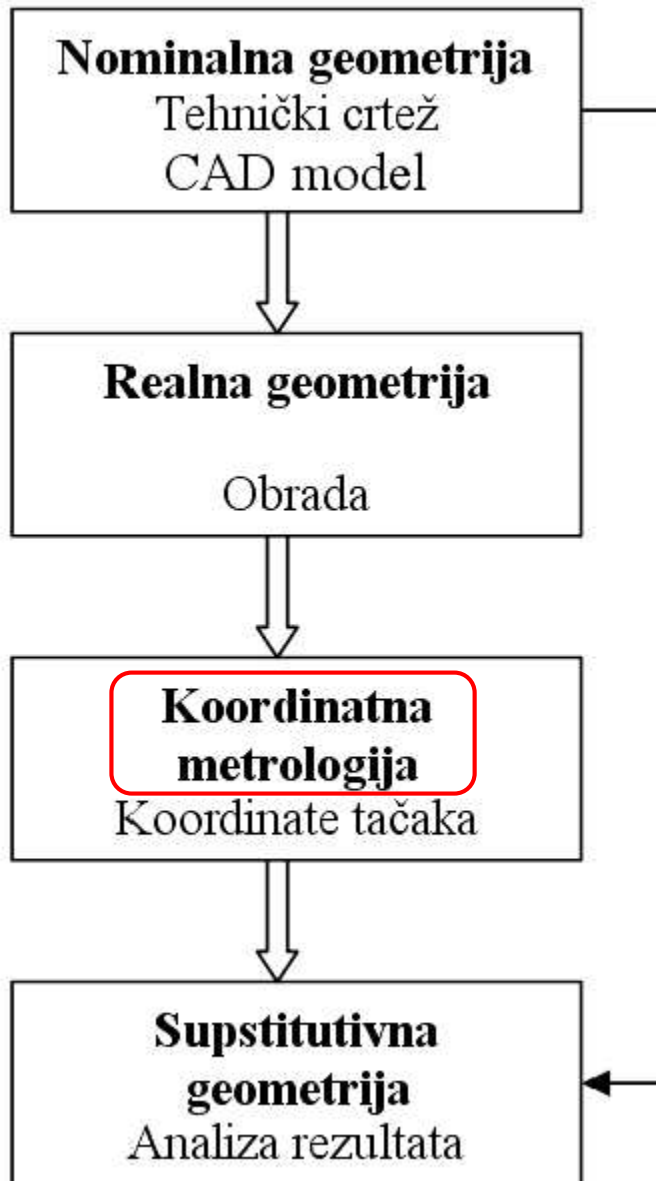
## Osnovni princip koordinatne metrologije

**Realna geometrija** predstavlja **stvarni oblik** mernog predmeta, dobijen nakon izrade.

**Koordinatna metrologija**, generišući koordinate tačaka na površini mernog predmeta **stvara njegovu supstitutivnu geometriju**.



# Osnovni princip koordinatne metrologije



# Osnovni principi softvera za KMM

Tolerancije dužina, oblika, položaja, uglova i mikro-geometrije obrađene površine se opisuju preko prethodno navedenih elemenata idealne geometrije, a one se:

- mere** (određuje njihova stvarna vrednost) ili
- kontrolišu** (porede) sa nominalnim (zadatim) vrednostima.

Na ovim postulatima je i razvijen softver za merne mašine.

# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

Broj potrebnih tačaka (prikupljenih sa mernog predmeta), za utvrđivanje njegovih metroloških karakteristika (tj. za kreiranje supstitutivne geometrije), zavisi od (elementarnog) geometrijskog oblika:

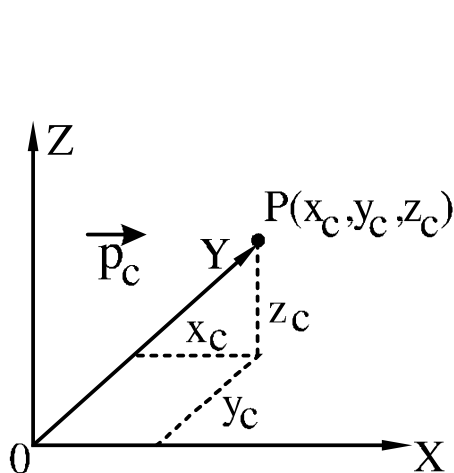
| KARAKTERISTIKA<br>(ELEMENTARNI GEOMETRIJSKI<br>OBLIK) | MINIMALNI BROJ<br>TAČAKA |
|---|--------------------------|
| TAČKA   | 1                        |
| PRAVA   | 2                        |
| KRUG  | 3                        |
| RAVAN   | 3                        |
| ELIPSA  | 4                        |
| SFERA   | 4                        |
| CILINDAR  | 5                        |
| KUPA  | 6                        |
| TORUS   | 7                        |

# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Geometrijske karakteristike površina

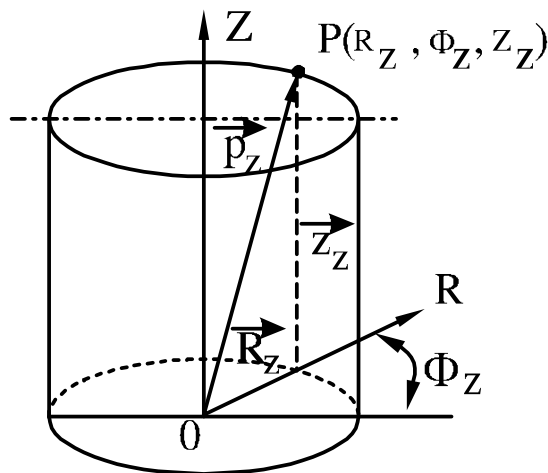
Na osnovu izmerenih (koordinata) tačaka, softver KMM generiše sledeće **geometrijske karakteristike površina** na mernim predmetima:

**Vektor položaja**  $\vec{p}_0$ , definiše tačku, odnosno njen položaj u odgovarajućem koordinatnom sistemu: dekartovom (kartezijanskom), cilindričnom ili sfernom.



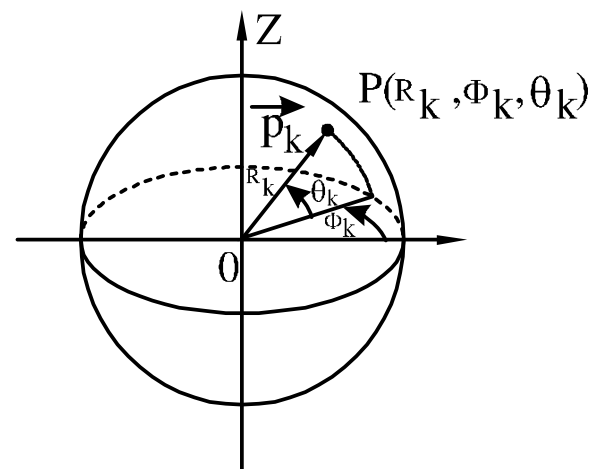
$$p_c = |(X_c^2 + Y_c^2 + Z_c^2)^{1/2}|$$

CILINDRIČNE KOORDINATE  
 $X_c, Y_c, Z_c$



$$p_z = |(R_z^2 + z_z^2)^{1/2}|$$

CILINDRIČNE KOORDINATE  
 $R_z, \Phi_z, z_z$



$$p_k = |R_k|$$

SFERNE KOORDINATE  
 $R_k, \Phi_x, \theta_x$

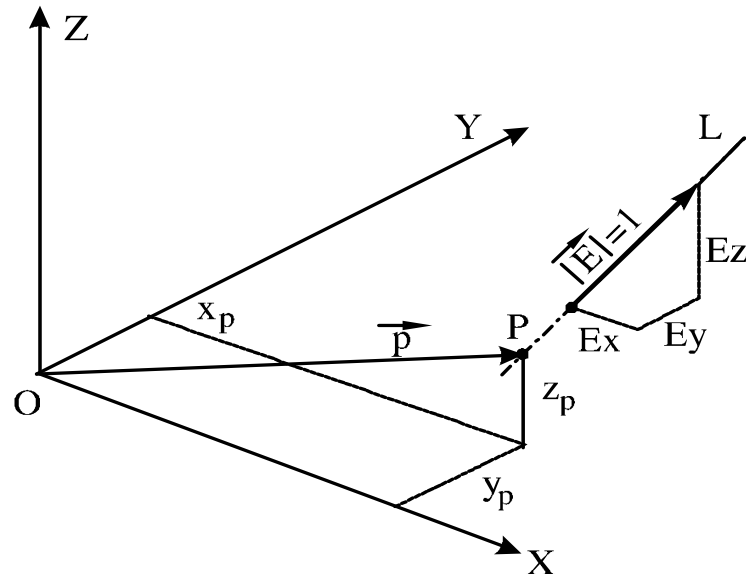


# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Geometrijske karakteristike površina

**Jedinični vektor  $\vec{E}$ :** njegova skalarna vrednost je jednaka jedinici, a pravac je određen projekcijama na ose koordinatnog sistema, odnosno njegovim komponente  $E_x$ ,  $E_y$  i  $E_z$ .

**Vektor normale  $\mathbf{R}$**  predstavlja pravac pod uglom od  $90^\circ$  od posmatrane površine.



# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Osnovni geometrijski elementi

**Idealna ravan** predstavlja aproksimaciju realne ravni.  
Može se opisati:

- jediničnim vektorom, kao vektorom normale na nju i
- koordinatama položaja jediničnog vektora  $P_0(x_0, y_0, z_0)$ .

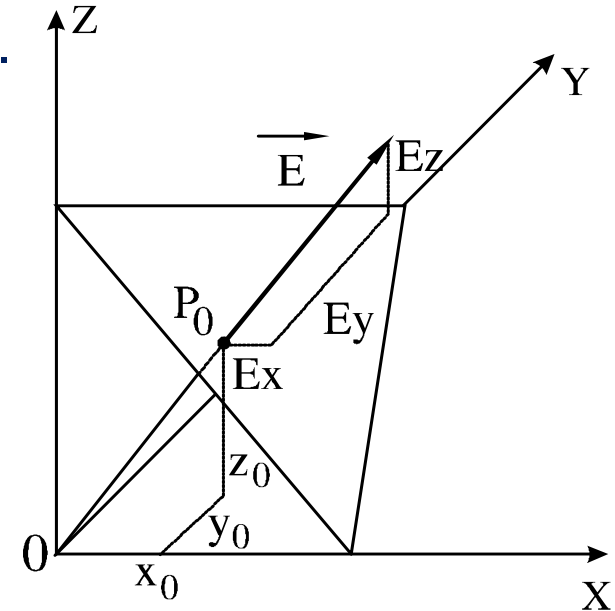
Parametri idealne ravni su:  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $E_z$ ,  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ .

**Idealni krug**, kao zamena za realni krug opisuje se preko sledećih karakteristika:

- prečnik (D),
- koordinate centra  $(x_0, y_0, z_0)$  i
- vektor normale na ravan kruga  $(E_x, E_y, E_z)$ .

**Idealna sfera** predstavlja zamenu za realnu sferu, koja je definisana:

- prečnikom (D) i
- koordinatama centra  $(x_0, y_0, z_0)$ .

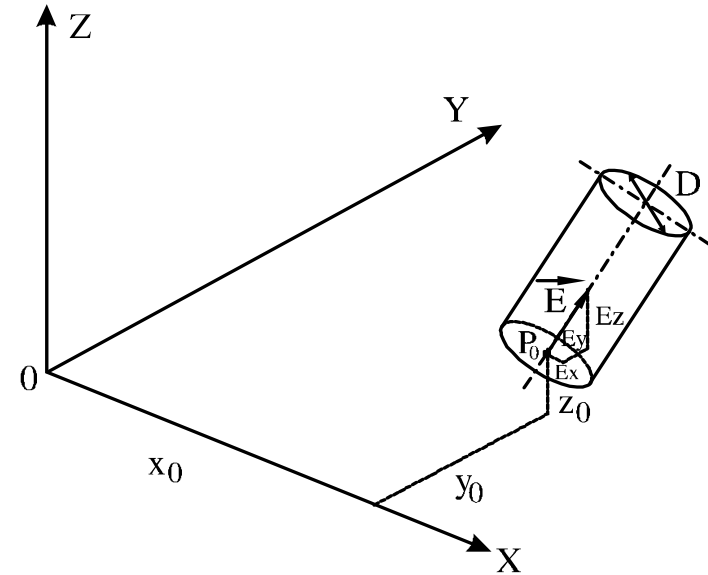


# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Osnovni geometrijski elementi

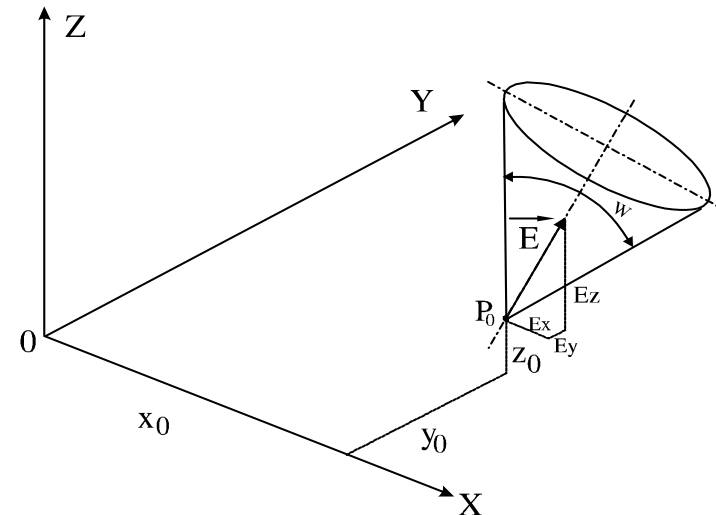
**Idealni cilindar** služi da zameni realni cilindar, preko sledećih parametara:

- prečnik osnove ( $D$ ) i
- centra osnove ( $x_0, y_0, z_0$ ) iz koga polazi vektor normale, koji se poklapa sa osom cilindra.



**Idealna kupa** predstavlja približenje realne kupe, a definiše se sledećim parametrima:

- koordinatama vrha kupe ( $x_0, y_0, z_0$ ),
- jediničnim vektorom iz vrha kupe, čiji pravac se poklapa sa osom kupe i
- uglom ivica kupe ( $w$ ).

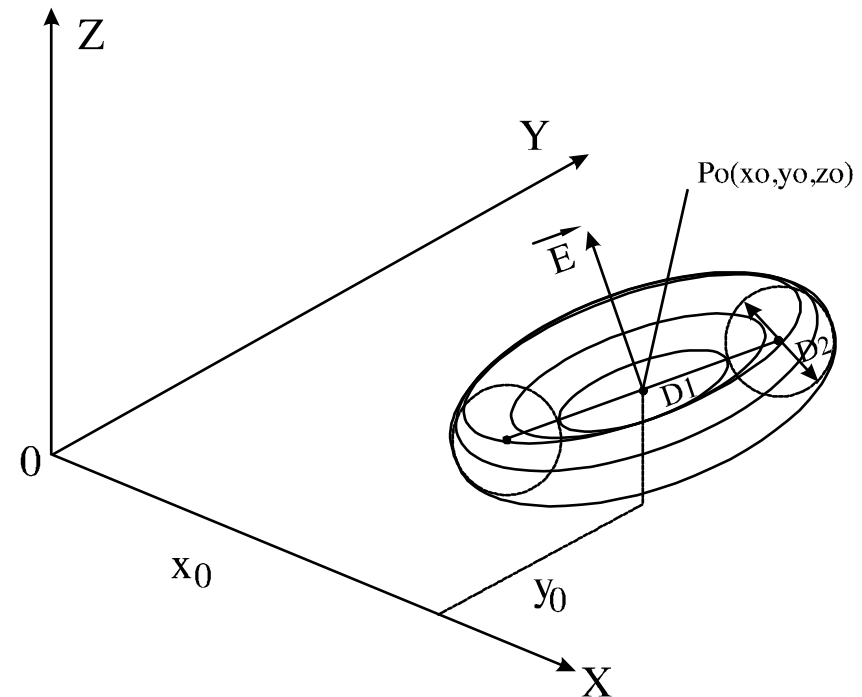


# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Osnovni geometrijski elementi

**Idealni torus** zamenjuje realni torus i definiše se preko sledećih parametara:

- centar idealnog torusa ( $x_0, y_0, z_0$ ),
- pravac vektora normale, ravni simetrije torusa ( $E_x, E_y, E_z$ ),
- prečnik glavnog prstena torusa ( $D_1$ ) i
- prečnik radijalnog preseka idealnog torusa ( $D_2$ ).



# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Osnovni geometrijski elementi

Minimalan broj parametara pomoću kojih se jednoznačno definiše svaki osnovni geometrijski element, koji služi za merenje i inspekciju na KMM:

| PARAMETAR<br>KARAKTERISTIKA | KOORDINATA     |                |                | VEKTOR NORMALE |                |                | PARAMETRI |                |                |   |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|---|
|                             | X <sub>o</sub> | Y <sub>o</sub> | Z <sub>o</sub> | E <sub>x</sub> | E <sub>y</sub> | E <sub>z</sub> | D         | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | W |
| TAČKA                       | +              | +              | +              |                |                |                |           |                |                |   |
| PRAVA                       | +              | +              | +              | +              | +              | +              |           |                |                |   |
| KRUG                        | +              | +              | +              | +              | +              | +              | +         |                |                |   |
| RAVAN                       | +              | +              | +              | +              | +              | +              |           |                |                |   |
| SFERA                       | +              | +              | +              |                |                |                | +         |                |                |   |
| CILINDAR                    | +              | +              | +              | +              | +              | +              | +         |                |                |   |
| KUPA                        | +              | +              | +              | +              | +              | +              |           |                |                | + |
| TORUS                       | +              | +              | +              | +              | +              | +              |           | +              | +              |   |

# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Izvedene geometrijske karakteristike na mernim predmetima

**Izvedene geometrijske karakteristike** ne predstavljaju direktan opis osnovnih geometrijskih karakteristika, već su rezultati njihovih odnosa i relacija, a koriste se pri rešavanju različitih geometrijskih problema, kao što su:

- **određena tačka**, koja se dobija na različite načine (presek dve prave, prodor ose kroz ravan, teme preseka tri ravni, tačka simetrije i tačka projekcije),
- **određena prava** koja se dobije kao presek dve ravni, projekcije prave, simetrala i normala iz tačke na ravan, i
- **određena ravan** dobijena kao paralelna ravan u odnosu na idealnu ravan, ravan simetrije, ravan normalna na osu koja prolazi kroz nju u tački i ravan normalne na ravan.

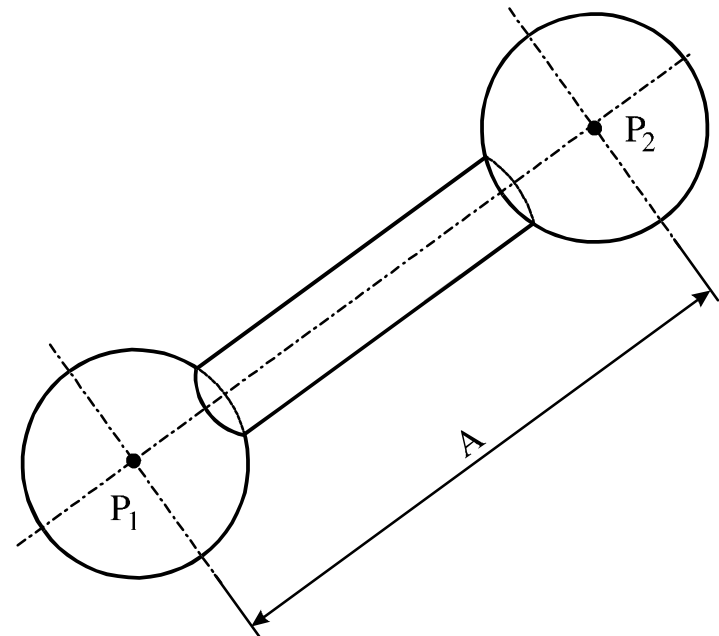
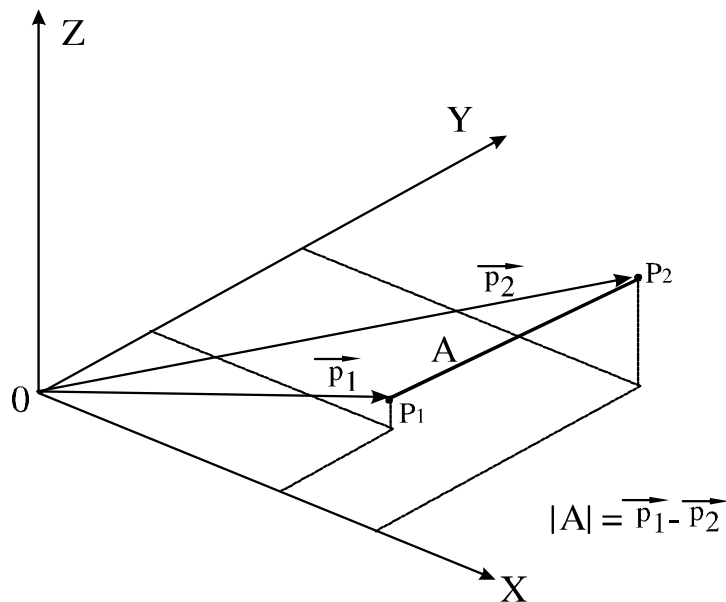
# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Rastojanje između geometrijskih karakteristika

Jedan od vrlo čestih metroloških zadataka u oblasti tolerancija dužina je **rastojanje**, koje predstavlja **izvedenu metrološku karakteristiku**.

Rastojanje ( $A$ ) između dve tačke ( $P_1, P_2$ ) se određuje kao razlika vektora  $p_1$  i  $p_2$ .

Rastojanje ( $A$ ) između dve sfere je rastojanje njihovih centara idealnih sfera,  $P_1$  i  $P_2$ .



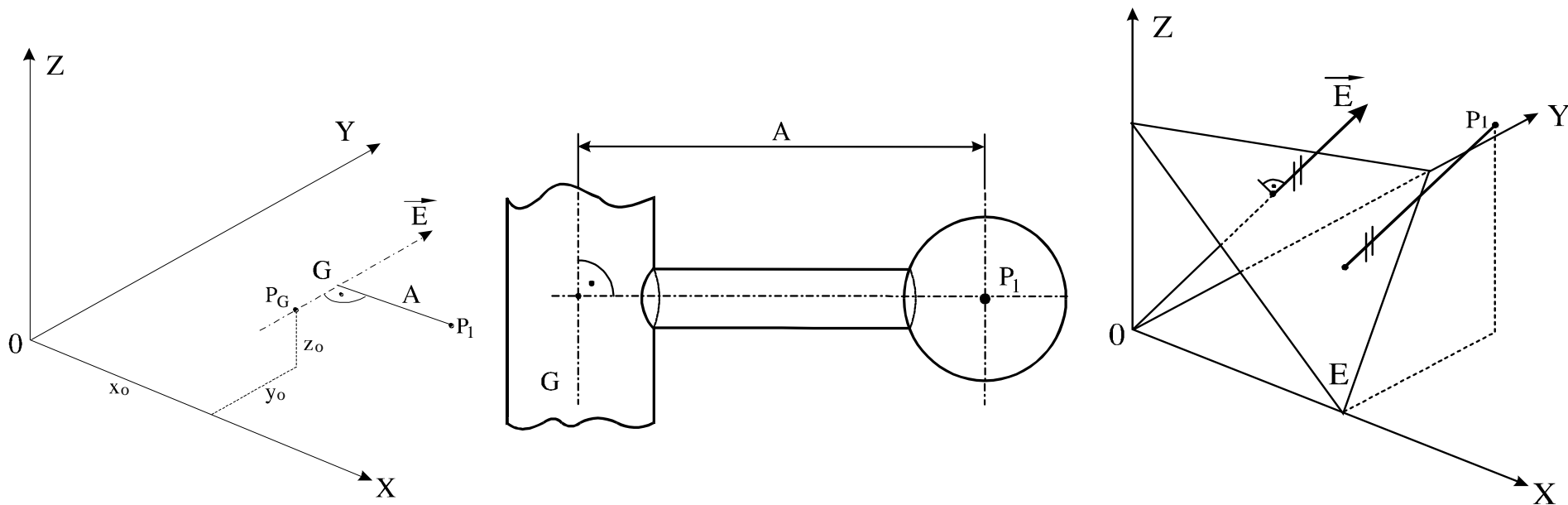
# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Rastojanje između geometrijskih karakteristika

Rastojanje (A) između tačke  $P_1$  i prave G se definiše kao najkraće rastojanje ove tačke od njene idealne prave  $G_E$ , koja predstavlja normalu između njih.

Rastojanje (A) između centra sfere i ose cilindra predstavlja rastojanje idealnih geometrijskih elemenata.

Rastojanje (A) tačke  $P_1$  i ravni E je najkraće rastojanje ove tačke od ove ravni, što predstavlja normalu iz  $P_1$  na ravan E.

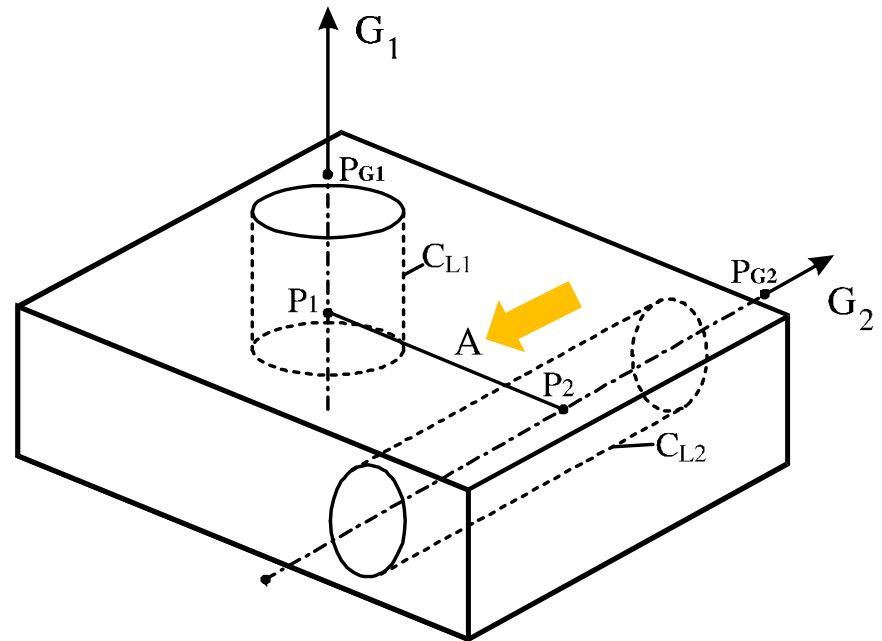
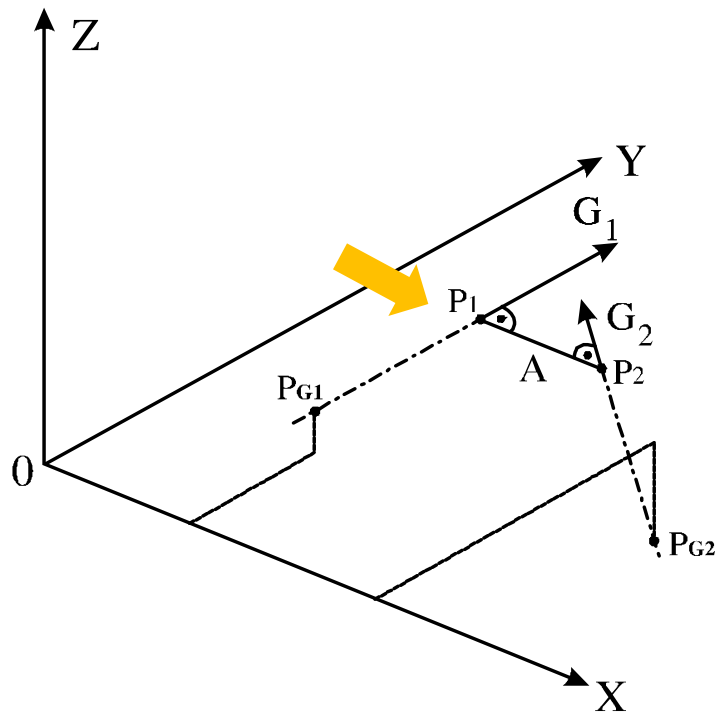




# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Rastojanje između geometrijskih karakteristika

Rastojanje (A) između pravih  $G_1$  i  $G_2$  je najkraće rastojanje tačke  $P_1$  koja se nalazi na idealnoj pravoj  $G_1$ , od idealne prave  $G_2$ . To je, u stvari, normala između ovih pravih, odnosno osa cilindara  $C_{L1}$  i  $C_{L2}$ .



# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

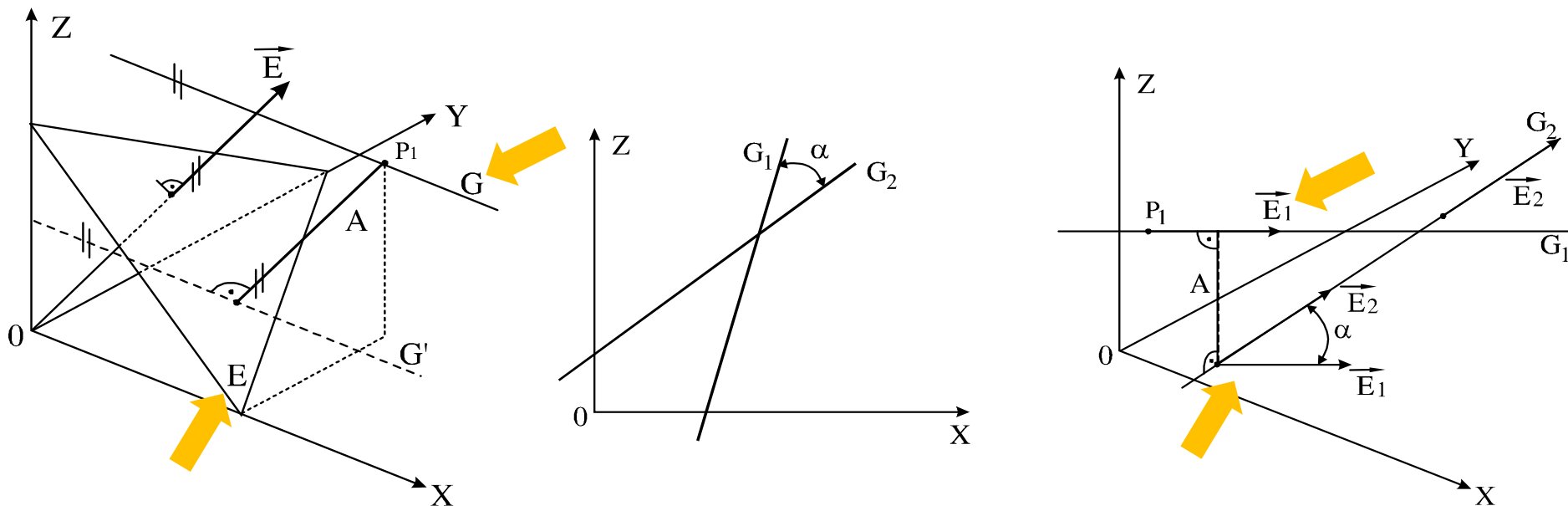
## Rastojanje između geometrijskih karakteristika

Rastojanje (A) prave (G) od ravni (E) je najkraće (normalno) rastojanje između njih, odnosno to je normala (A) iz tačke  $P_1$  na ravan E, u kojoj sada leži prava  $G'$ .

Ugao ( $\alpha$ ) između pravih  $G_1$  i  $G_2$  može da se javi u dva slučaja:

1) kada su u istoj ravni (a) i 2) kada su u različitim ravnima (b).

U slučaju (b), pravac vektora  $E_1$ , prenosi se duž normale A, do preseka sa pravcem prave  $G_2$ , odnosno njenim vektorom  $E_2$ , pa ugao između njih, je ugao  $\alpha$  između pravih  $G_1$  i  $G_2$ .



# Geometrijske podloge na kojima se zasniva softver KMM

## Rastojanje između geometrijskih karakteristika

Ugao ( $\alpha$ ) između prave (G) i ravni (E) je ugao koji se dobija kada se u tački  $P_1$  u ravni generiše normala E, a prava (G) translatorno pomeri.

