

Tallinna Tehnikaülikool  
Mehhatroonikainstituut

**Jüri Kirs**

*Kodutöö S-13*

**Jäiga keha toereaktsioonide leidmine  
ruumilise jõusüsteemi korral**

Tallinn 2003-2004

ISBN 9985-894-81-2

## Kodutöö S-13

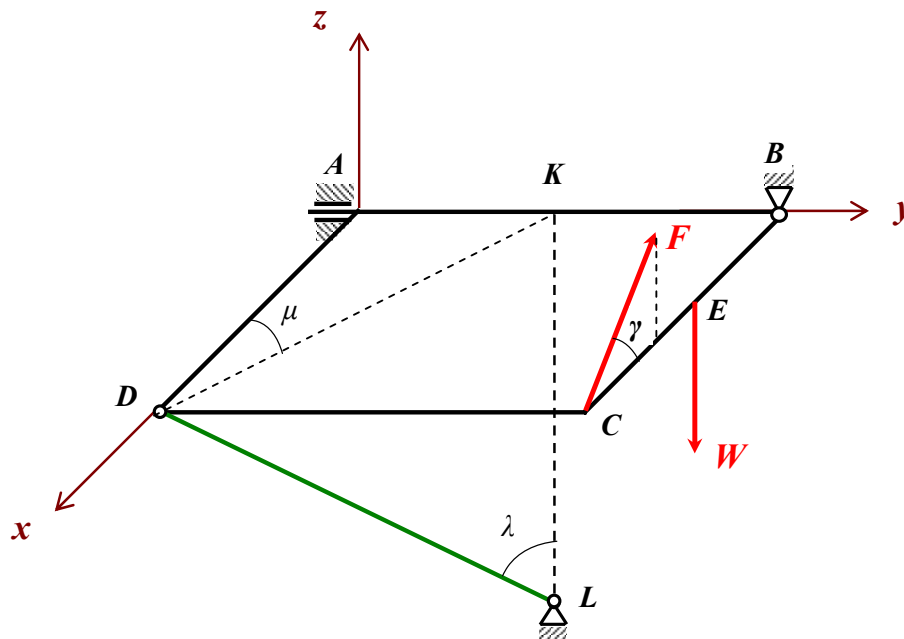
### Jäiga keha toereaktsioonide leidmine ruumilise jõusüsteemi korral

Leida alljärgnevate konstruktsioonide toereaktsioonid. Kõik vajalikud arvulised andmed on toodud vastava variandi juures. Vaadeldava keha kaal on kõikjal tähistatud  $G$ .

Ruumilise jõusüsteemi jõudude projekteerimisest koordinaattelgedele ja momentide leidmisest võib lugeda Endel Topnik' u õpikus „Insenerimehaanika ülesannetest I. Staatika“, Tallinn 2001, lehekülgedelt 70-75. Näiteülesanded toereaktsioonide leidmisest ruumilise jõusüsteemi korral on sealsamas, alates leheküljest 91, näited 43 kuni 47.

#### Variant 1.

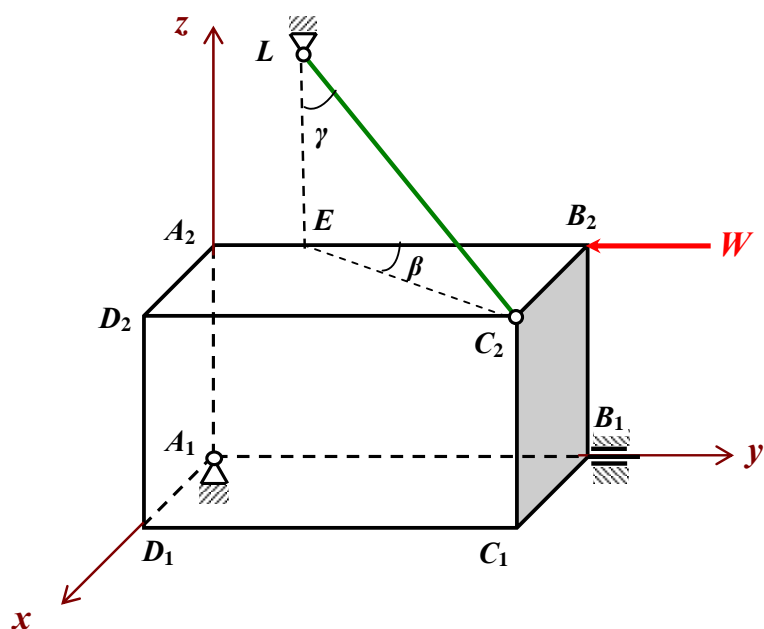
Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $B$ , silindrilise liigendiga  $A$  ja jäiga kerge vardaga  $DL$ . Plaadi kaal  $G$  on  $150\text{ N}$ . Punkti  $C$  rakendatud jõud  $\vec{F}$  mõjub vertikaaltasapinnas, tema moodul on  $250\text{ N}$ , nurk  $\gamma = 30^\circ$ . Jõud  $\vec{W}$  on suunatud otse alla, tema moodul on  $100\text{ N}$ . Leida sidemereaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $D$  kui  $BE=EC$ ,  $AB=3BE$ ,  $AB=KL$  ja  $AK=KB$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 39,806^\circ$  ja  $\mu = 36,870^\circ$ . Abiks lahendajale: näiteks  $X_B$  peab tulema  $216,5\text{ N}$ .



Joonis 1.

## Variant 2.

Risttahukas kaaluga  $G = 200\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , silindrilise liigendiga  $B_1$  ja jäiga kerge vardaga  $C_2L$ . Punkti  $B_2$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida reaktsioonjõud punktides  $A_1$ ,  $B_1$  ja  $C_2$ , kui  $A_2D_2 = 2A_2E$ ,  $A_2B_2 = 4A_2E$  ja  $A_1A_2 = 2A_2E$ . Nurk  $\gamma = 60^\circ$ . Sirge  $LE$  on vertikaalne. Antud on ka nurk  $\beta = 33,690^\circ$ .

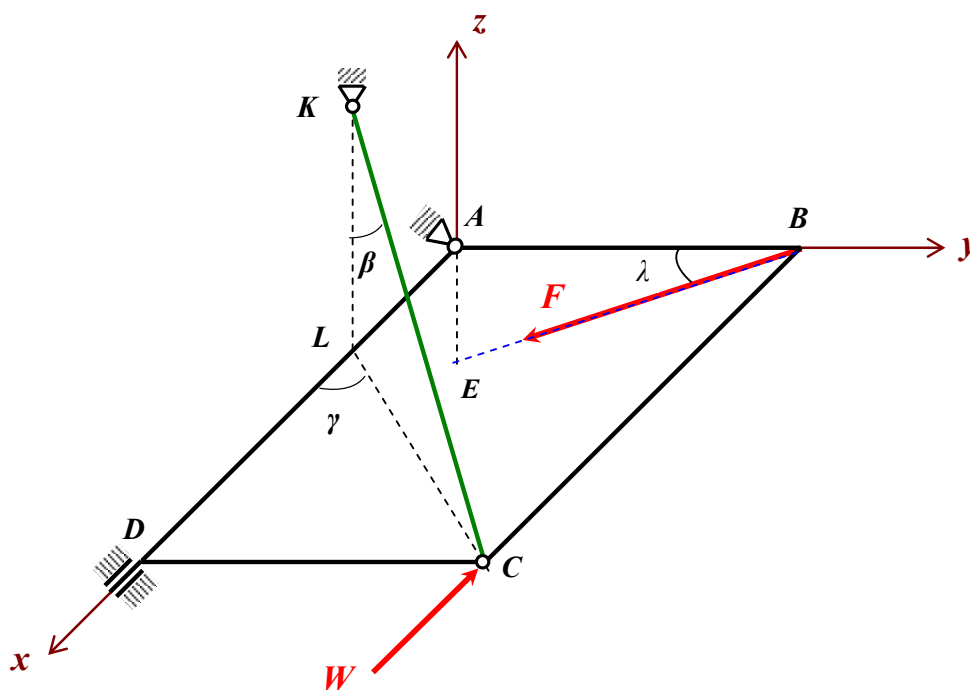


Joonis 2.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $36,75\text{ N}$ .

### Variant 3.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $D$  ja jäiga kerge vardaga  $KC$ . Plaadi kaal  $G$  on  $200\text{ N}$ . Punkti  $B$  on rakendatud vertikaaltasapinnas asetsev jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $180\text{ N}$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $80\text{ N}$ . Nurk  $\beta = 30^\circ$  ja  $\gamma = 60^\circ$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $D$  ja  $C$ , kui  $AB = 2l$ ,  $AD = 4l$  ja  $AE = l$ . Sirged  $AE$  ja  $KL$  on vertikaalsed. Nurk  $\lambda = 26,565^\circ$ .

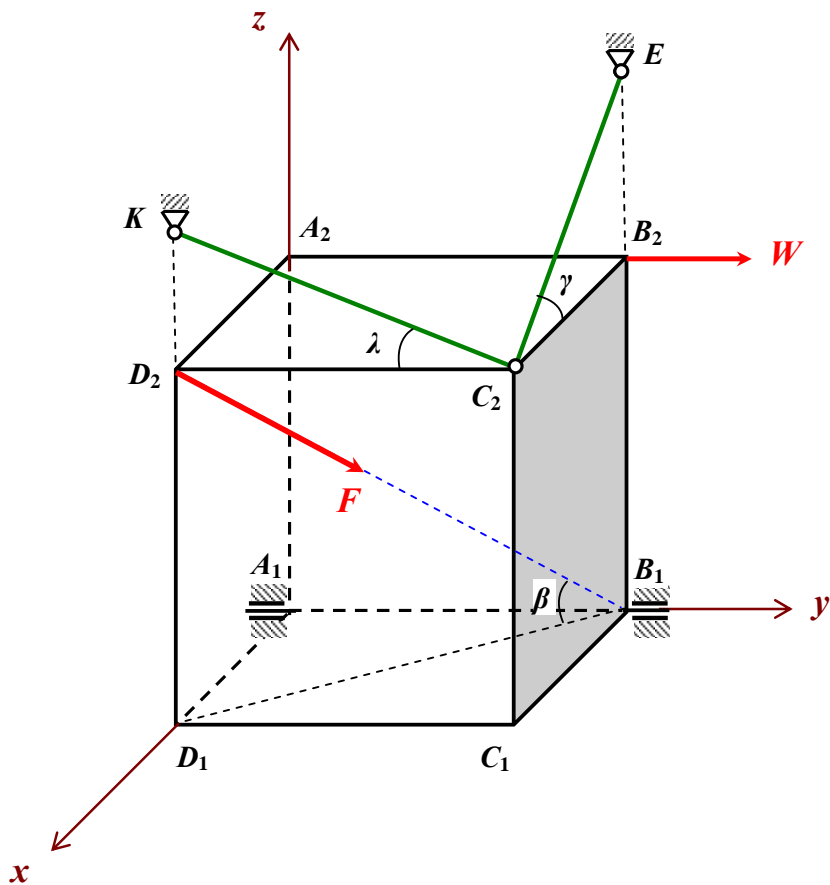


Joonis 3.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $132,11\text{ N}$ .

### Variand 4.

Kuup kaaluga  $300\text{ N}$  on kinnitatud silindriliste liigenditega  $A_1$  ja  $B_1$ , ning jäikade kergete varrastega  $KC_2$  ja  $EC_2$ . Kuubi punkti  $D_2$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub sihis  $D_2B_1$  ja mille moodul on  $200\text{ N}$ . Punkti  $B_2$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $B_1$  ja  $C_2$ , kui  $B_2E = \frac{3}{4}a$ , kus  $a$  on kuubi serva pikkus. Sirged  $KD_2$  ja  $EB_2$  on vertikaalsed. Antud on ka nurgad  $\gamma = 36,870^\circ$  ja  $\lambda = 40^\circ$ .

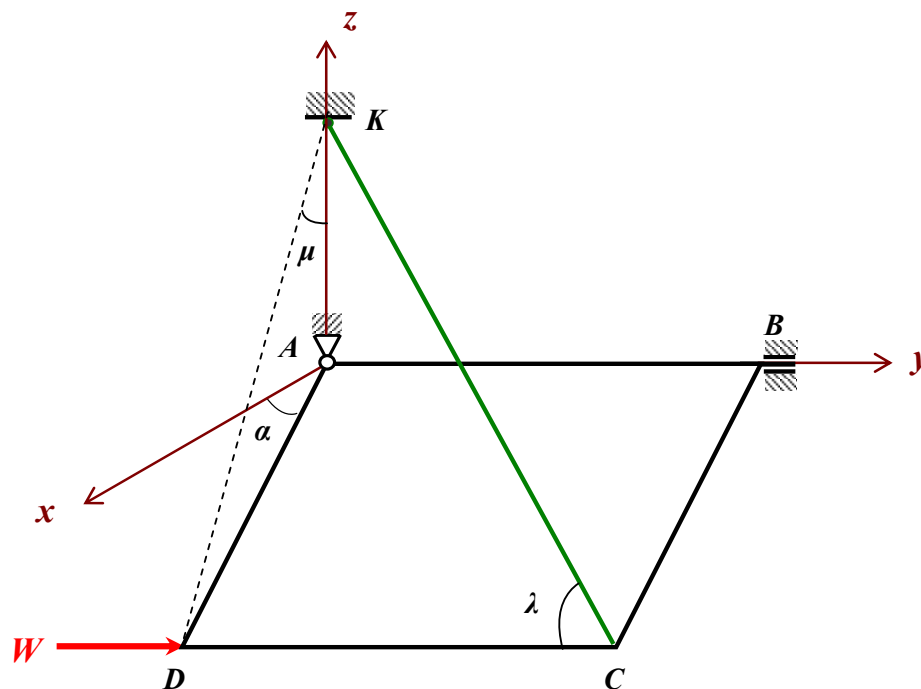


Joonis 4.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $275,47\text{ N}$ .

### Variant 5.

Ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja silindrilise liigendiga  $B$  ning ta hoitakse nööri  $KC$  abil horisontaaltasapinnast kallutatuna nurga  $\alpha = 30^\circ$  võrra. Punkti  $D$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AK = l$ ,  $AD = 2l$  ja  $AB = 3l$ . Antud ka nurgad:  $\lambda = 41,410^\circ$ ,  $\mu = 40,893^\circ$ .

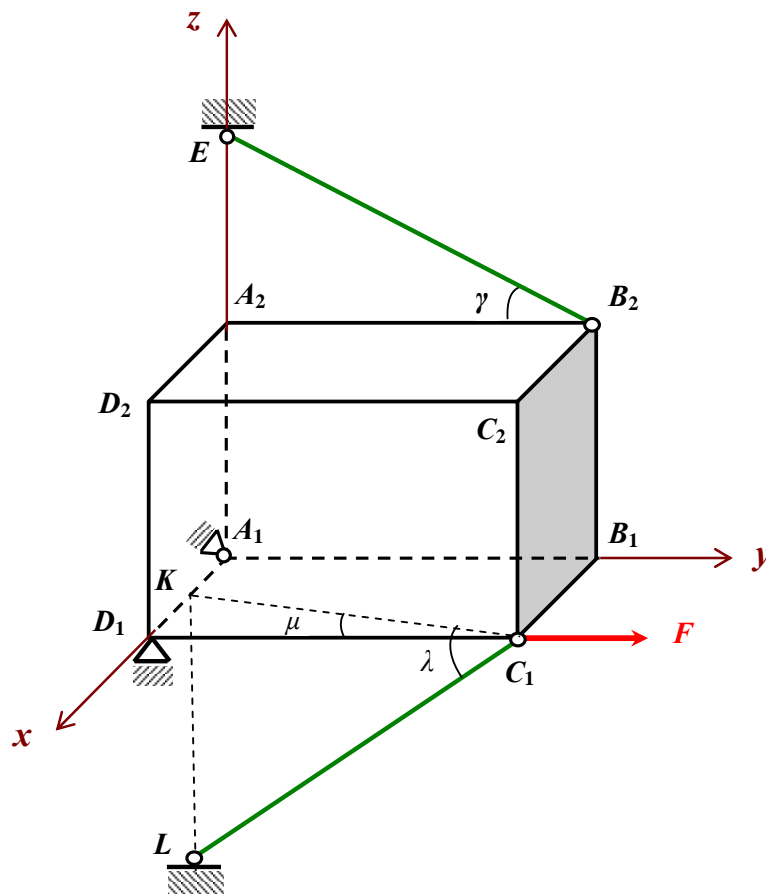


Joonis 5.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $138,56\text{ N}$ , ning  $Y_A$  peab tulema  $240\text{ N}$ .

### Variant 6.

Risttahukas kaaluga  $300\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , jäikade kergete varrastega  $EB_2$  ja  $LC_1$  ning punkti  $D_1$  lähedal toetub teravikule. Punkti  $C_1$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Nurk  $\gamma = 30^\circ$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $C_1$  ja  $D_1$ , kui  $A_2D_2 = 2b$ ,  $A_2B_2 = 6b$ ,  $A_1A_2 = 3b$ ,  $KL = 4b$  ja  $A_1K = KD_1$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne, risttahuka põhjad on horisontaalsed. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 33,329^\circ$ ,  $\mu = 9,462^\circ$ .

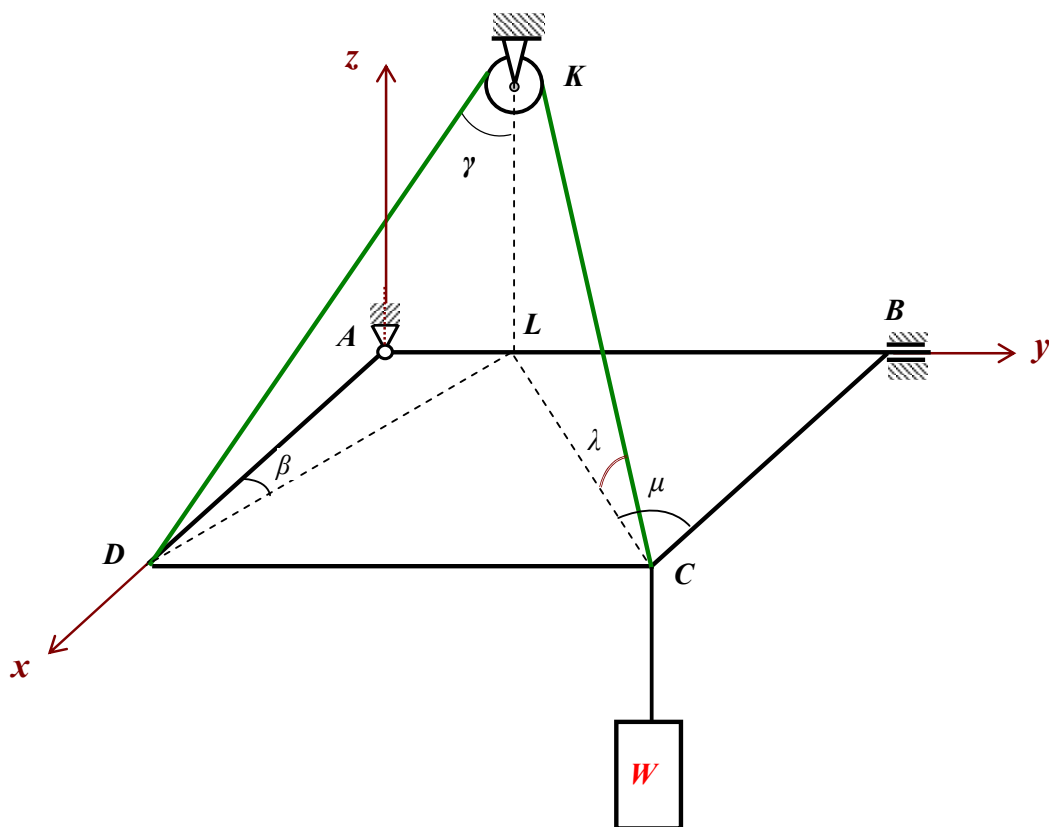


Joonis 6.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $40\text{ N}$ .

### Variant 7.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$ , mille kaal on  $150\text{ N}$ , hoitakse horisontaalasendis nööri  $DKC$  abil. Nöör on pandud üle väikese ploki  $K$ , kusjuures nurk  $\gamma = 45^\circ$ . Plaadi nurka  $C$  on riputatud keha  $W$ , mille kaal on  $240\text{ N}$ . Leida nööri tõmme ning sidemereaktsioonid punktides  $A$  ja  $B$ , kui  $AL = l$ ,  $AB = 4l$  ja  $AD = 2l$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\beta = 26,565^\circ$ ,  $\lambda = 31,806^\circ$ ,  $\mu = 56,310^\circ$ .



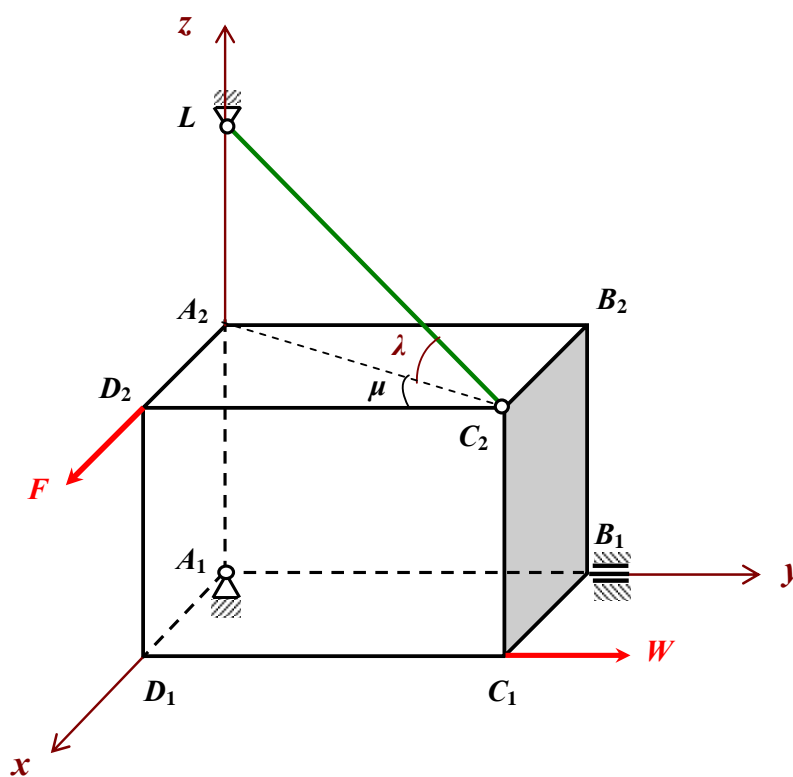
Joonis 7.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $211,31\text{ N}$ .



### Variand 8.

Risttahukas kaaluga  $250\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , silindrilise liigendiga  $B_1$  ja jäiga kerge vardaga  $LC_2$ . Punkti  $D_2$  on rakendatud jõud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $180\text{ N}$ . Punkti  $C_1$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida reaktsioonjõud punktides  $A_1$ ,  $B_1$  ja  $C_2$ , kui  $A_1B_1 = 4b$ ,  $A_1D_1 = 2b$ ,  $A_1A_2 = 3b$  ja  $A_2L = 2b$ . Antud on ka nurgad:  $\lambda = 24,0948^\circ$ ,  $\mu = 26,565^\circ$ .

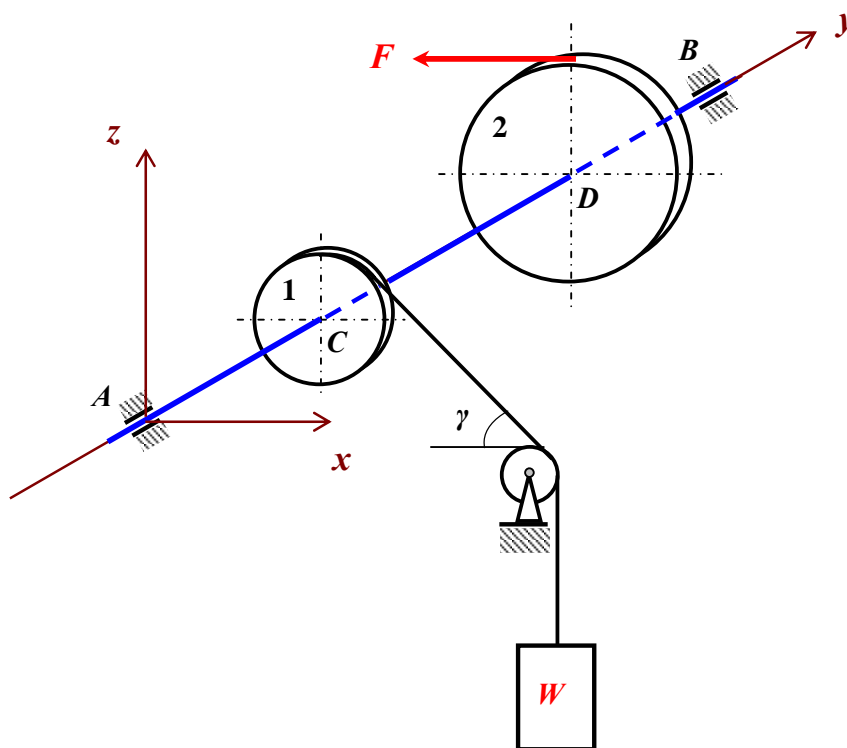


Joonis 8.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Y_A$  peab tulema  $196\text{ N}$ .

### Variand 9.

Ratas 1 kaaluga  $G_1 = 60 \text{ N}$  ja raadiusega  $20 \text{ cm}$  ning ratas 2 kaaluga  $G_2 = 200 \text{ N}$  ja raadiusega  $40 \text{ cm}$  asetsevad horisontaalsel völlil  $AB$ . Rattast 1 läheb nööri üle ploki ja kannab raskust  $W = 120 \text{ N}$ . Nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Rattale 2 on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{F}$ . Leida laagrite  $A$  ja  $B$  reaktsioonid ning jõu  $\vec{F}$  suurus, mis on vajalik süsteemi tasakaalustamiseks, kui  $AC = 3l$ ,  $CD = 5l$  ja  $DB = 2l$ .

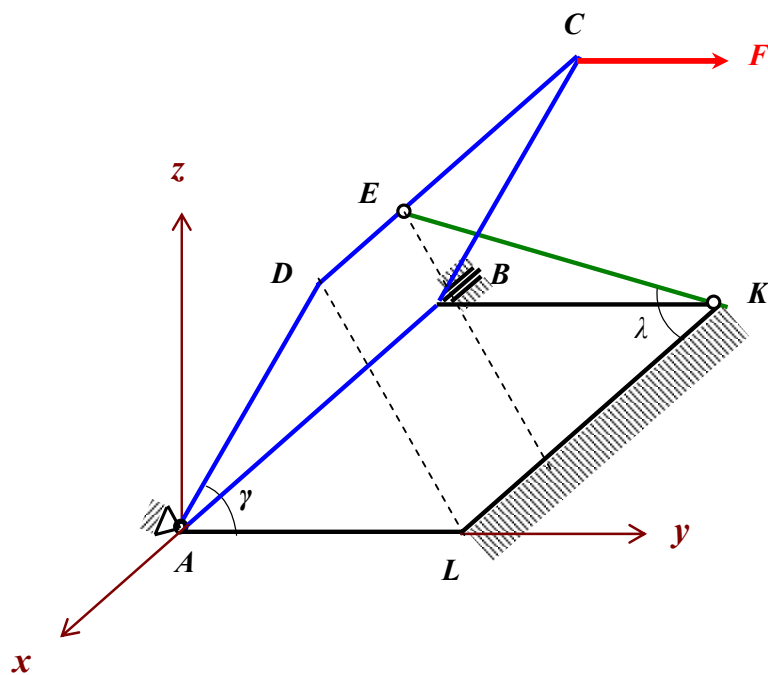


Joonis 9.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $-30 \text{ N}$ .

### Variant 10.

Ristkülikukujuline kaas  $ABCD$  kaaluga  $160\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja silindrilise liigendiga  $B$  ning avatud kerge jäiga vardaga  $EK$ . Nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $100\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $E$ , kui  $AD = AL = l$ ,  $AB = 3l$  ja  $EK = 2l$ . Nurk  $\lambda = 30^\circ$ .

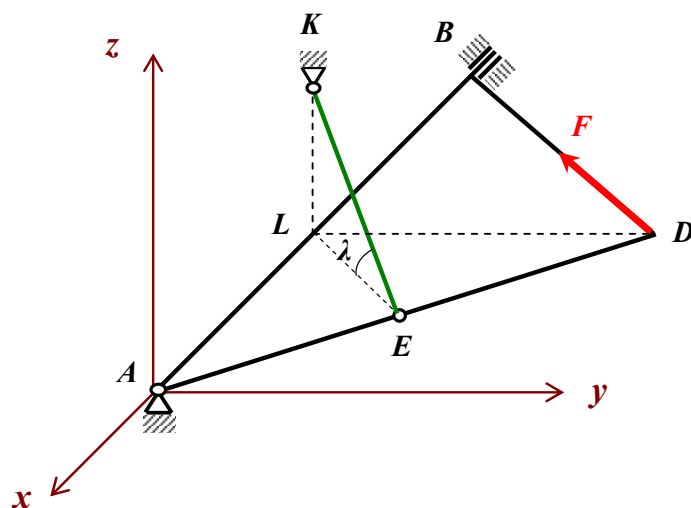


Joonis 10.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Y_B$  peab tulema  $-111,31\text{ N}$ .

### Variant 11.

Horisontaalne kolmnurgakujuline plaat  $ABD$  kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge vardaga  $KE$ . Punkti  $D$  on rakendatud sihis  $DB$  mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $150\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $E$ , kui  $AL = LB = l$ ,  $AD = DB = 2l$ ,  $KL = l/2$ ,  $AE = ED$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne. Nurk  $\lambda = 26,565^\circ$ .

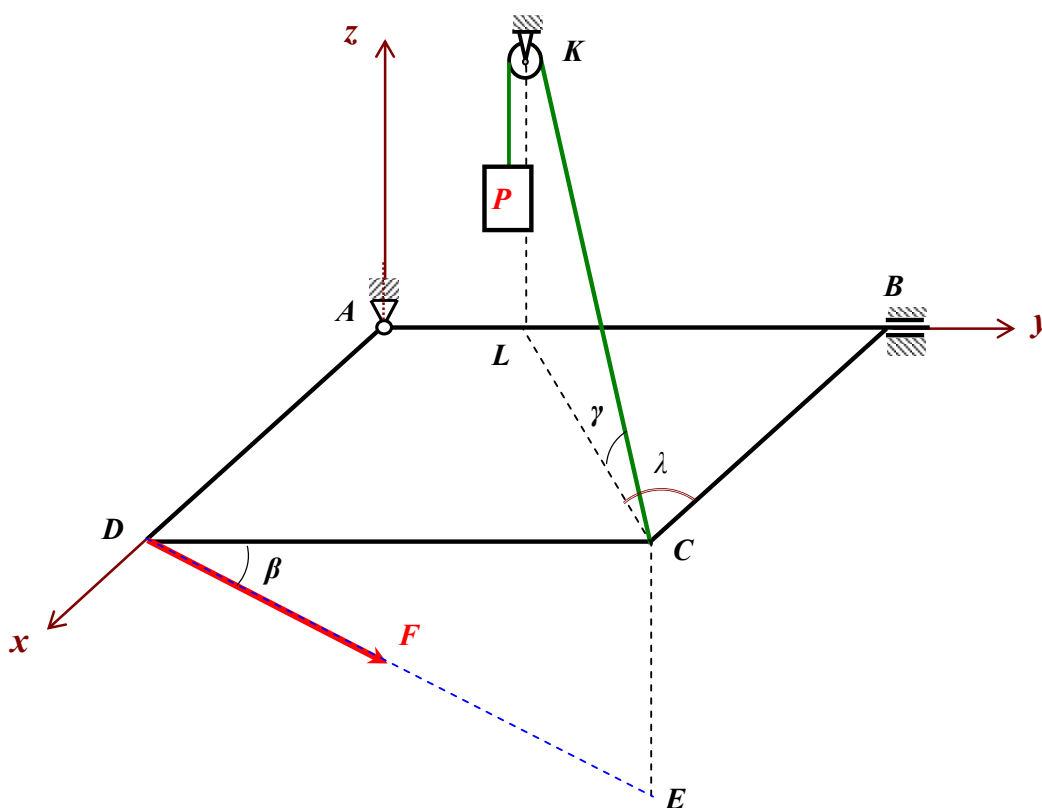


Joonis 11.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Y_A$  peab tulema  $138,56\text{ N}$ .

### Variant 12.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $280\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja silindrilise liigendiga  $B$ . Punkti  $C$  on kinnitatud nõr, mis moodustab plaadiga nurga  $\gamma$  ja läheb üle väikese ploki. Punkti  $D$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis asetseb vertikaaltasapinnas ja moodustab plaadiga nurga  $\beta$ . Tema moodul on  $150\text{ N}$ . Leida raskus  $P$  tasakaalu korral ja sidemete reaktsioonid punktides  $A$  ja  $B$ , kui  $AD=l$ ,  $AB=2l$ ,  $LB=\sqrt{3}l$ ,  $\beta=30^\circ$ ,  $\gamma=30^\circ$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne. Nurk  $\lambda=60^\circ$ .

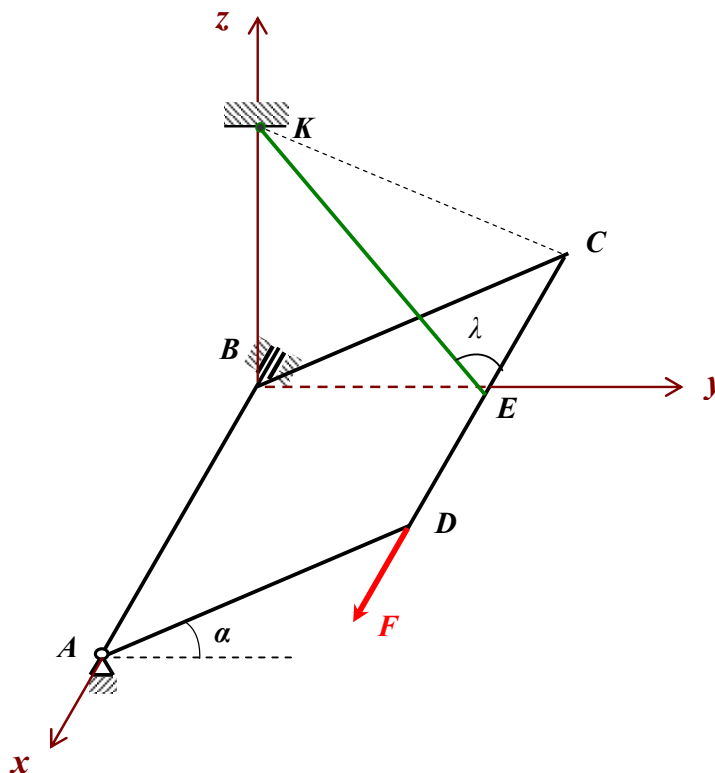


Joonis 12.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $96,30\text{ N}$ .

### Variand 13.

Ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $300\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja silindrilise liigendiga  $B$ . Ta moodustab horisontaaltasapinnaga nurga  $\alpha$  ning hoitakse sellises asendis nööri  $KE$  abil. Punkti  $D$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $E$ , kui  $AD=l$ ,  $AB=4l$ ,  $KB=l$ ,  $CE=ED$ ,  $\alpha=30^\circ$ . Nurk  $\lambda=26,565^\circ$ .

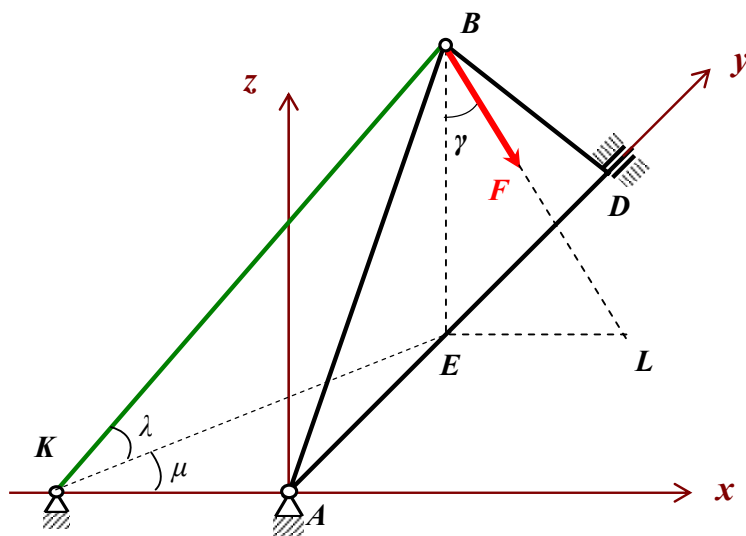


Joonis 13.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Y_A$  peab tulema  $25,98\text{ N}$ , ning  $Z_B$  tuleb  $135\text{ N}$ .

### Variant 14.

Vertikaalne kolmnurgakujuline plaat  $ABD$  kaaluga  $160\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $D$  ja jäiga kerge vardaga  $BK$ . Punkti  $B$  on rakendatud vertikaaltasapinnas mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mis moodustab plaadiga nurga  $\gamma$  ja mille moodul on  $320\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $D$ , kui  $AE = ED = l$ ,  $EB = 2l$ ,  $AK = \sqrt{3}l$ ,  $\gamma = 60^\circ$ . Sirge  $BE$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 45^\circ$  ja  $\mu = 30^\circ$ .

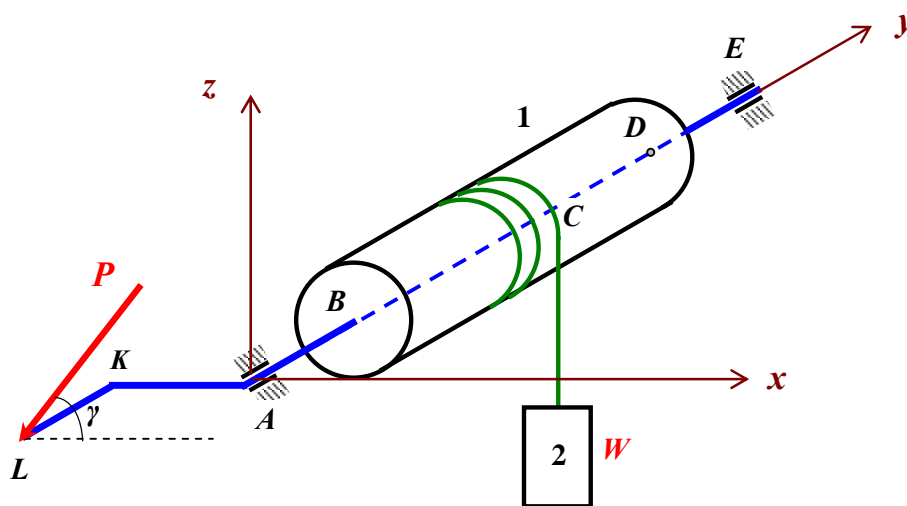


Joonis 14.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Z_A$  peab tulema  $480\text{ N}$ .

### Variant 15.

Pööraga tõstetakse raskust 2, mille kaal  $W$  on 300 N. Vänt  $LKA$  ja telg  $AE$  on horisontaaltasapinnas. Pööra trumli 1 kaal on 120 N. Leida vändale rakendatud tasakaalustamiseks vajaliku jõu  $\vec{P}$  suurus ja laagrite  $A$  ning  $E$  reaktsioonid, kui  $LK = AB = DE = l$ ;  $KA = 1,5l$ ;  $BC = CD = 2l$ ; trumli raadius  $r = \frac{1}{2}l$ ; nurk  $\gamma = 60^\circ$ . Jõud  $\vec{P}$  mõjub vertikaaltasapinnas.



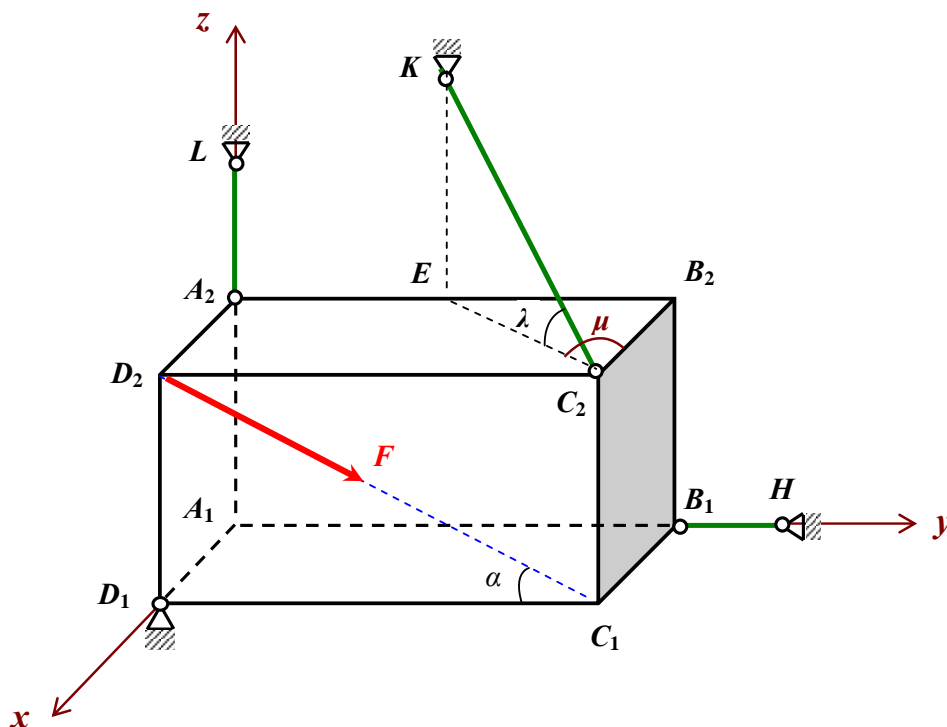
Joonis 15.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema 67,36 N.



### Variant 16.

Risttahukas kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $D_1$  ja jäikade kergete varrastega  $A_2L$ ,  $C_2K$  ning  $B_1H$ . Punkti  $D_2$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub vertikaaltasapinnas sihis  $D_2C_1$  ja mille moodul on  $280\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonjõud punktides  $D_1$ ,  $A_2$ ,  $C_2$  ja  $B_1$ , kui  $A_1D_1 = b$ ,  $A_1B_1 = 3b$ ,  $A_1A_2 = 2b$ ,  $A_2E = EB_2$ ,  $KE = \sqrt{3}b$ . Sirge  $KE$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\alpha = 33,690^\circ$ ,  $\lambda = 43,854^\circ$ ,  $\mu = 56,310^\circ$ .

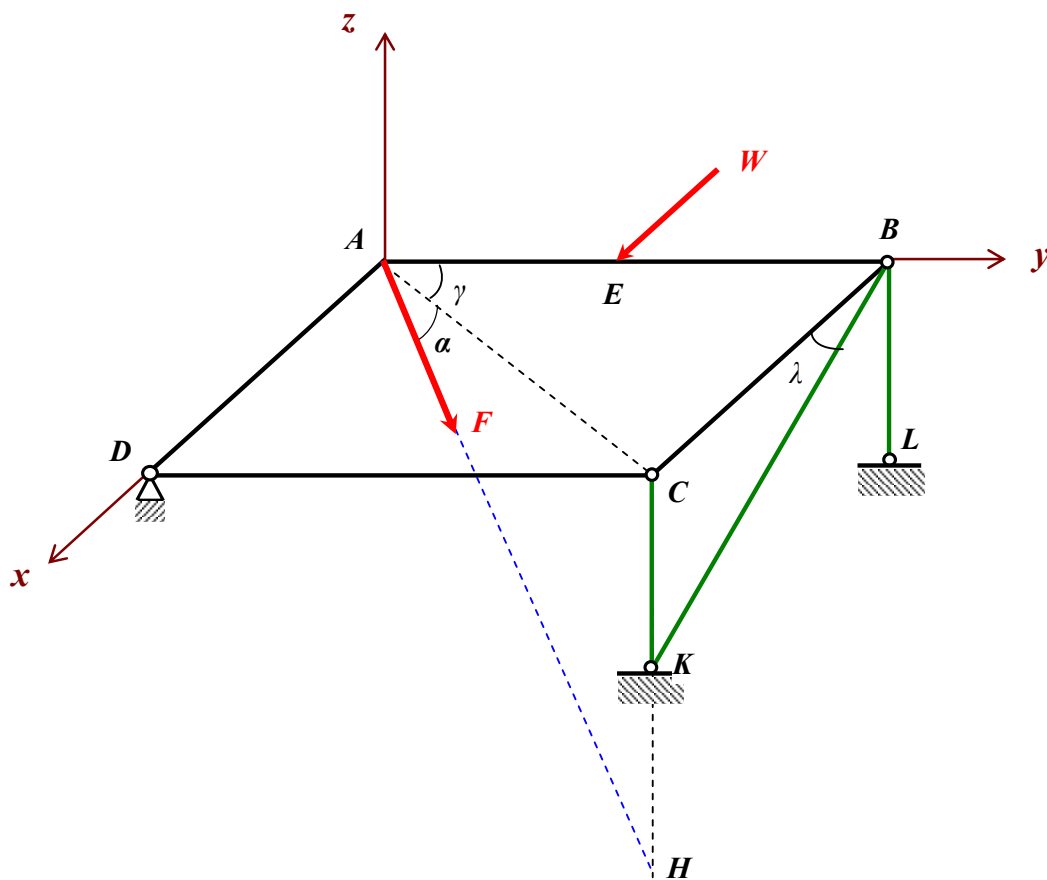


Joonis 16.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Z_D$  peab tulema  $-100,77\text{ N}$ .

### Variand 17.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $320\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $D$  ja jäikade kergete varrastega  $CK$ ,  $BL$  ning  $BK$ . Punkti  $A$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub sihis  $AH$  ja moodustab plaadiga nurga  $\alpha$ . Jõu  $\vec{F}$  moodul on  $180\text{ N}$ . Punkti  $E$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõug  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonjõud punktides  $B$ ,  $C$  ja  $D$ , kui  $AD=l$ ,  $AB=3l$ ,  $CK=BL=2l$ ,  $AE=EB$ ,  $\alpha=30^\circ$ . Vardad  $CK$  ja  $BL$  on vertikaalsed. Antud on ka nurgad:  $\gamma=18,495^\circ$ ,  $\lambda=63,435^\circ$ .

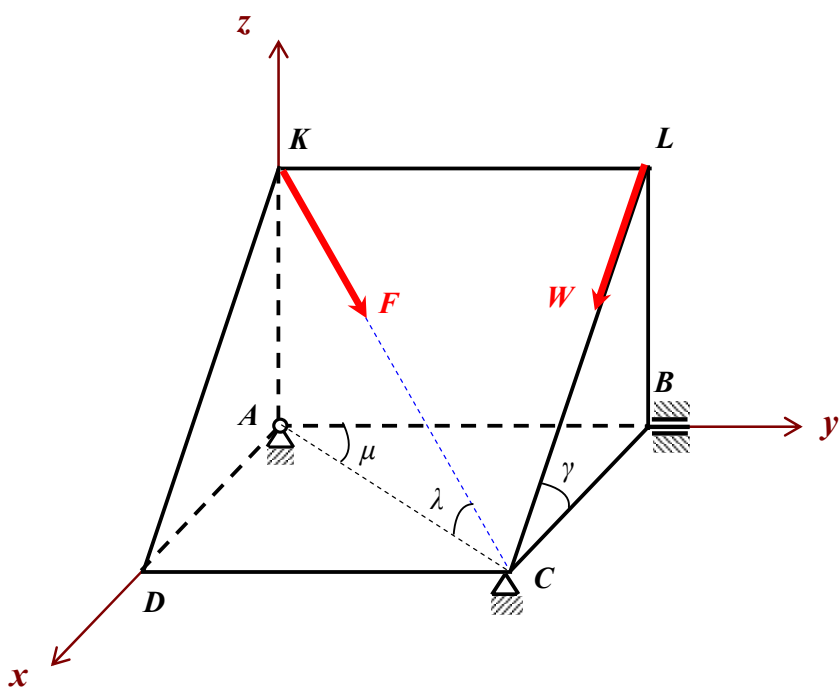


Joonis 17.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Z_D$  peab tulema  $250\text{ N}$ .

### Variant 18.

Prisma kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ning punkti  $C$  lähedal toetub teravikule. Prisma punkti  $K$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub sihis  $KC$  ja mille moodul on  $300\text{ N}$ . Punkti  $L$  on rakendatud jõud  $\vec{W}$ , mis mõjub sihis  $LC$  ja mille moodul on  $200\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AD = BC = 30\text{ cm}$ ,  $AB = DC = 50\text{ cm}$ ,  $AK = BL = 60\text{ cm}$ . Prisma alumine põhi on horisontaalne, tagumine tahk on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\gamma = 63,435^\circ$ ,  $\lambda = 45,8186^\circ$ ,  $\mu = 30,964^\circ$ .

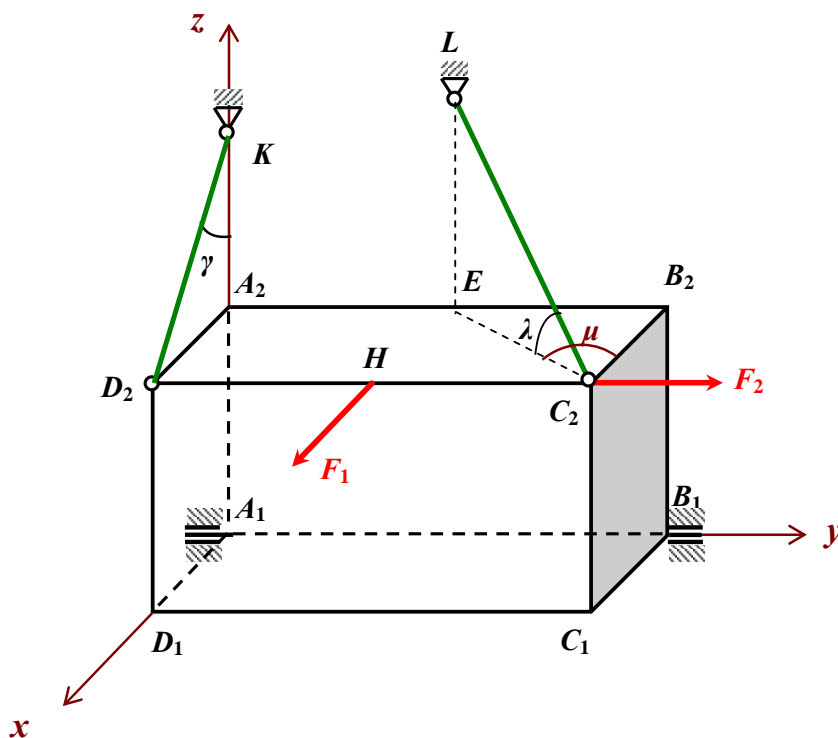


Joonis 18.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $-107,57\text{ N}$ .

### Variant 19.

Risttahukas kaaluga  $280\text{ N}$  on kinnitatud silindriliste liigenditega  $A_1$  ja  $B_1$ , ning jäikade kergete varrastega  $KD_2$  ja  $LC_2$ . Punkti  $H$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}_1$ , mille moodul on  $320\text{ N}$ . Punkti  $C_2$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}_2$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_2$  ja  $D_2$ , kui  $A_1D_1 = l$ ,  $A_1B_1 = 4l$ ,  $A_1A_2 = 2l$ ,  $B_2E = \sqrt{2}l$ ,  $LE = \sqrt{2}l$ ,  $D_2H = HC_2$ , nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Sirge  $LE$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 39,2315^\circ$ ,  $\mu = 54,736^\circ$ .

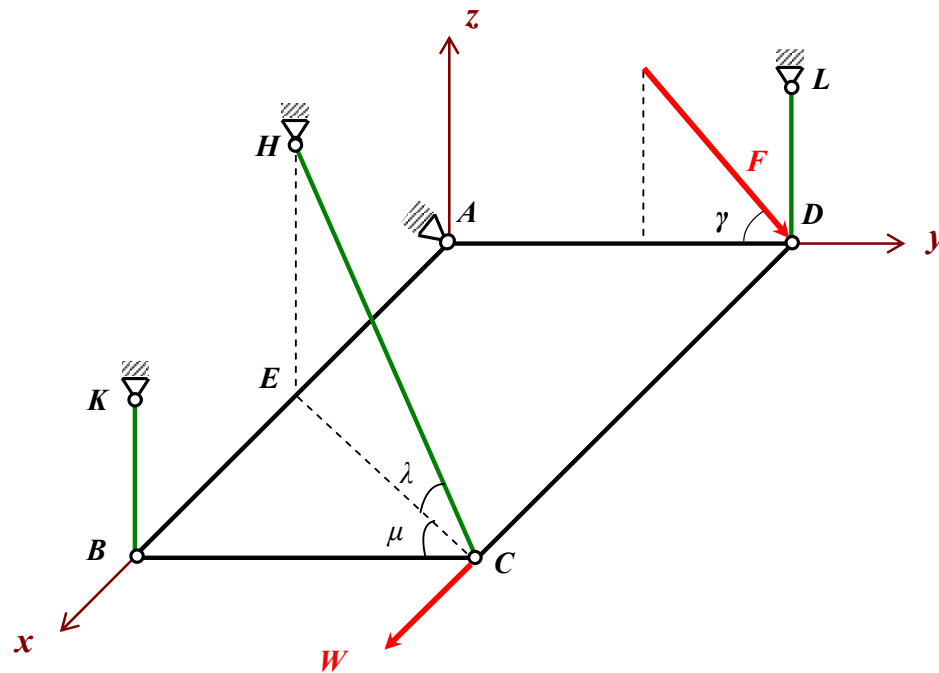


Joonis 19.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_{A_1}$  peab tulema  $-7,24\text{ N}$ .

### Variant 20.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat kaaluga  $200\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja kolme jäiga kerge vardaga  $KB$ ,  $LD$  ning  $HC$ . Punkti  $D$  on rakendatud vertikaaltasapinnas mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $260\text{ N}$ . Nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $180\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$ ,  $C$  ja  $D$ , kui  $AD=l$ ,  $AB=3l$ ,  $BE=\sqrt{3}l$  ja  $HE=\sqrt{5}l$ . Vardad  $KB$  ja  $LD$  ning sirge  $HE$  on vertikaalsed. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 48,190^\circ$  ja  $\mu = 60^\circ$ .

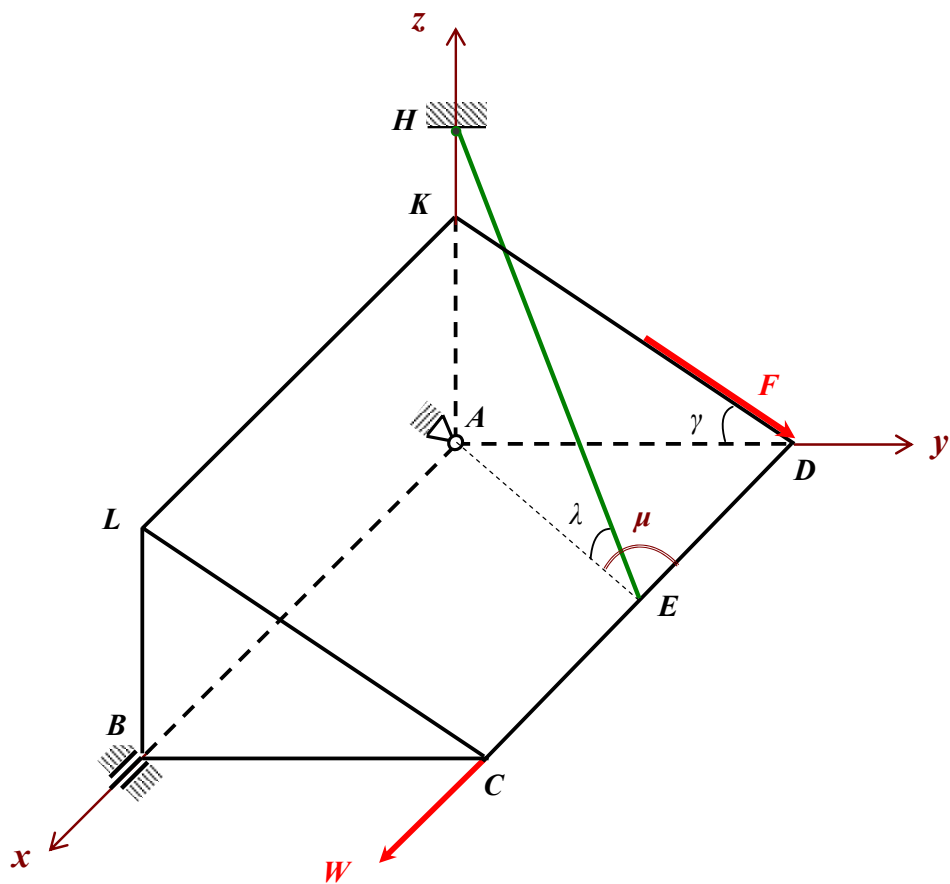


Joonis 20.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Z_A$  peab tulema  $-317,44\text{ N}$ .

### Variant 21.

Prisma kaaluga  $180\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja nööri  $HE$ . Punkti  $D$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub piki serva  $KD$  ja mille moodul on  $200\text{ N}$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $E$ , kui  $AK = 3b$ ,  $AD = 6b$ ,  $AB = 8b$ ,  $KH = b$  ja  $CE = ED$ . Prisma põhi on horisontaalne. Antud on ka nurgad:  $\gamma = 26,565^\circ$ ,  $\lambda = 29,017^\circ$ ,  $\mu = 56,310^\circ$ .

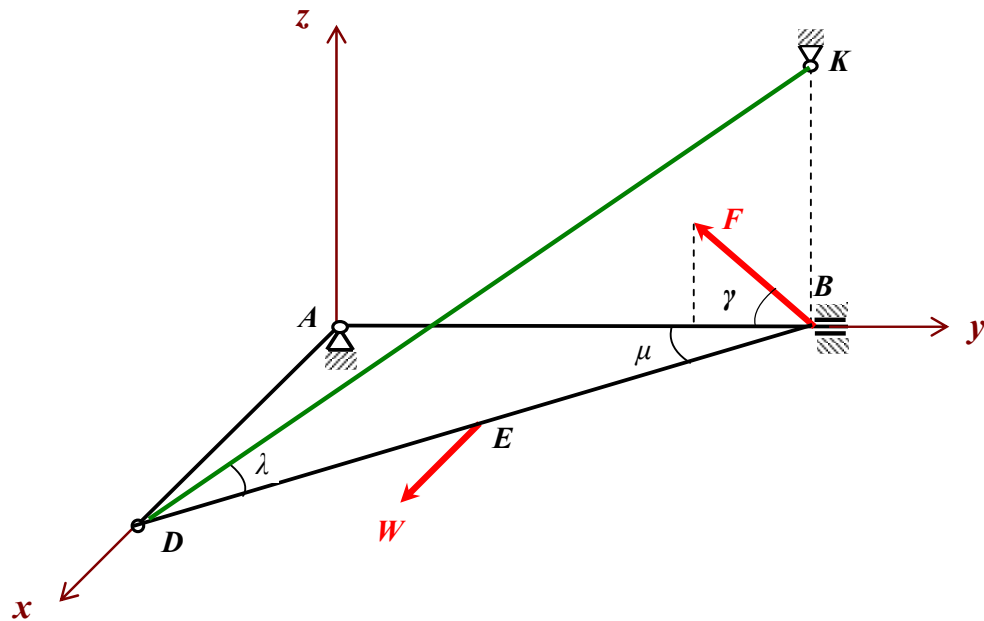


Joonis 21.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Z_A$  peab tulema  $104,72\text{ N}$ .

### Variant 22.

Horisontaalne kolmnurkne plaat  $ABD$  kaaluga  $160\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge vardaga  $KD$ . Punkti  $B$  on rakendatud vertikaaltasapinnas mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $240\text{ N}$ . Nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Punkti  $E$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $200\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $D$ , kui  $AD = 3l$ ,  $AB = 6l$ ,  $KB = 2l$ ,  $DE = EB$ . Sirge  $KB$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 16,602^\circ$ ,  $\mu = 26,565^\circ$ .

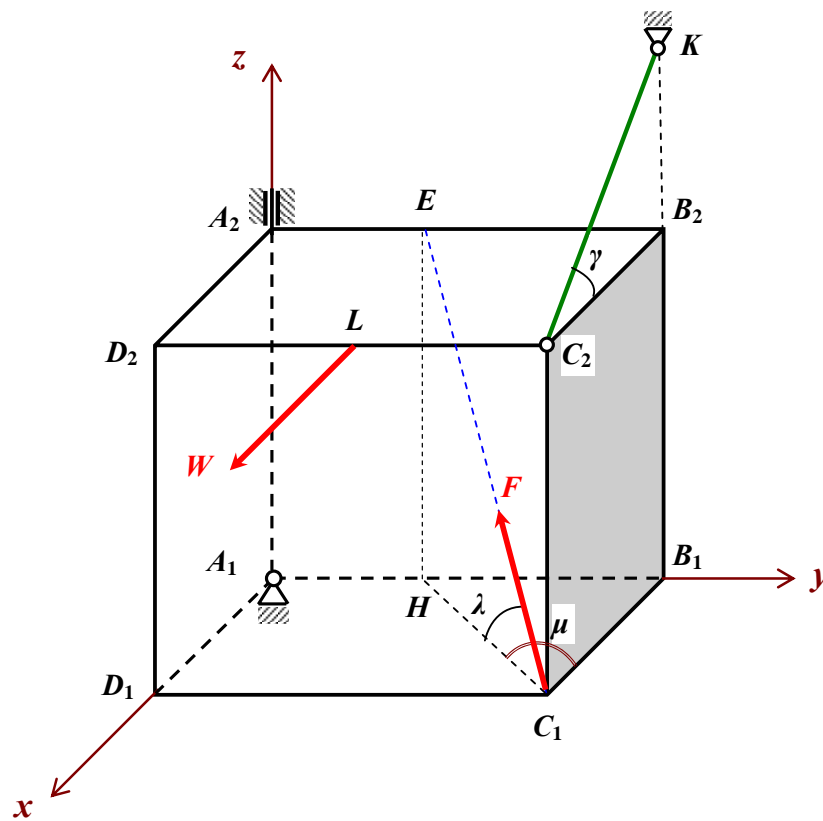


Joonis 22.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $-100\text{ N}$ .

### Variand 23.

Risttahukas kaaluga  $300\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , silindrilise liigendiga  $A_2$  ja jäiga kerge vardaga  $KC_2$ . Punkti  $C_1$  on rakendatud sihis  $C_1E$  mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $240\text{ N}$ . Punkti  $L$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $A_2$  ja  $C_2$ , kui  $A_1D_1 = b$ ,  $A_1B_1 = 2b$ ,  $A_1A_2 = \sqrt{5}b$ ,  $KB_2 = \frac{3}{4}b$ ,  $EB_2 = HB_1 = \sqrt{3}b$ ,  $D_2L = LC_2$ . Sirge  $KB_2$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\gamma = 36,870^\circ$ ,  $\lambda = 48,190^\circ$ ,  $\mu = 60^\circ$ .



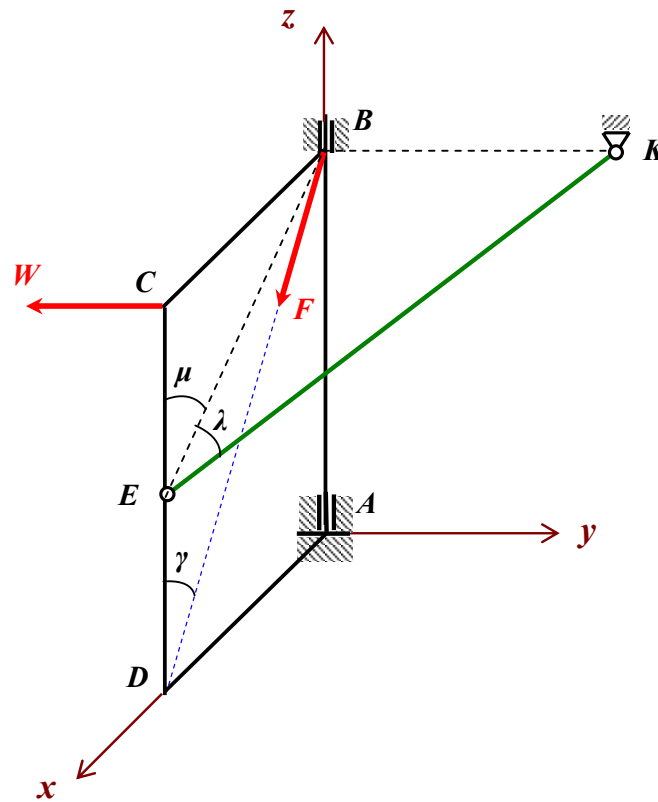
Joonis 23.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_{A_1}$  peab tulema  $43,84\text{ N}$ .



### Variant 24.

Vertikaalne ristkülikukujuline plaat kaaluga  $180\text{ N}$  on kinnitatud silindriliste liigenditega  $A$  ja  $B$ , ning jäiga kerga vardaga  $EK$ . Otsa  $A$  lähedal toetub ta horisontaalsele alusele. Punkti  $B$  on rakendatud vertikaaltasapinnas sihis  $BD$  mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $200\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $E$ , kui  $AD=l$ ,  $AB=2l$ ,  $BK=\sqrt{3}l$ ,  $CE=ED$ . Sirge  $BK$  on paralleelne  $y$ -teljega. Antud on ka nurgad:  $\gamma = 26,565^\circ$ ,  $\lambda = 50,768^\circ$ ,  $\mu = 45^\circ$ .

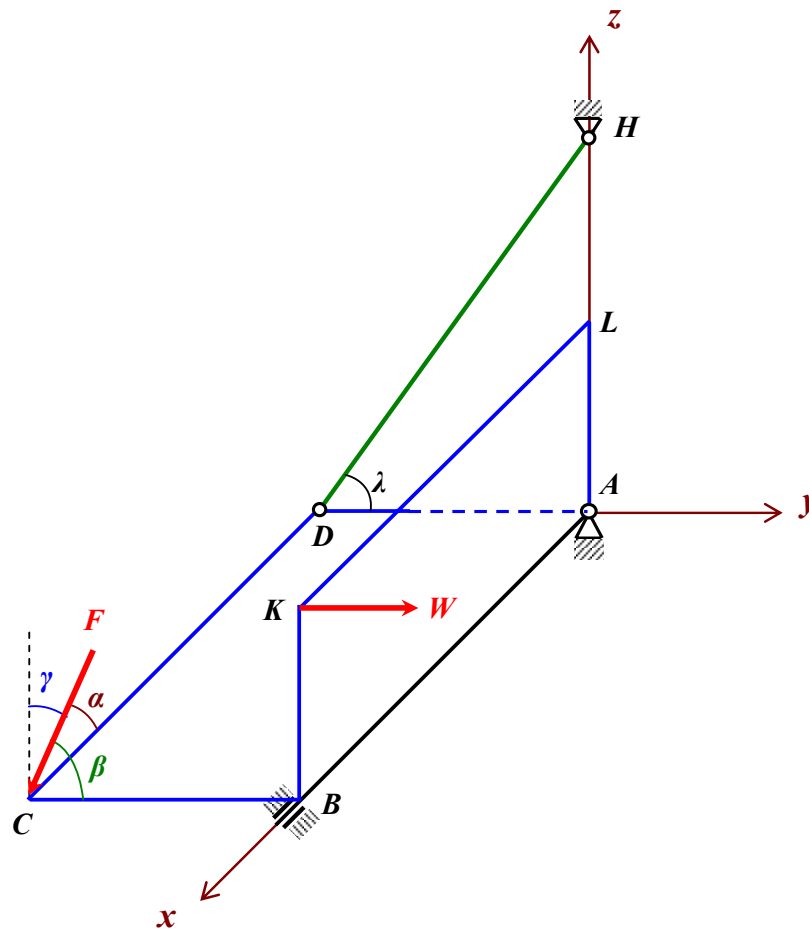


Joonis 24.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $45\text{ N}$ .

### Variant 25.

L-kujulise ristlõikega plaatkonstruktsiooni  $ABCDKL$  üks osa  $ABCD$  on horisontaalne ristkülik, selle kaal on  $160\text{ N}$ . Teine osa  $ABKL$  on vertikaalne ristkülik ja selle kaal on  $120\text{ N}$ . Konstruktsioon on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge vardaga  $DH$ . Punkti  $C$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mille suund on määratud nurkadega  $\alpha$ ,  $\beta$  ja  $\gamma$  (vaata jooniselt). Jõu moodul on  $200\text{ N}$ , nurk  $\alpha = 68,61^\circ$ ,  $\beta = 70^\circ$ ,  $\gamma = 30^\circ$ . Punkti  $K$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $100\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $D$  kui  $AD = 2l$ ,  $AB = KL = 6l$ ,  $AL = BK = LH = \sqrt{3}l$ .

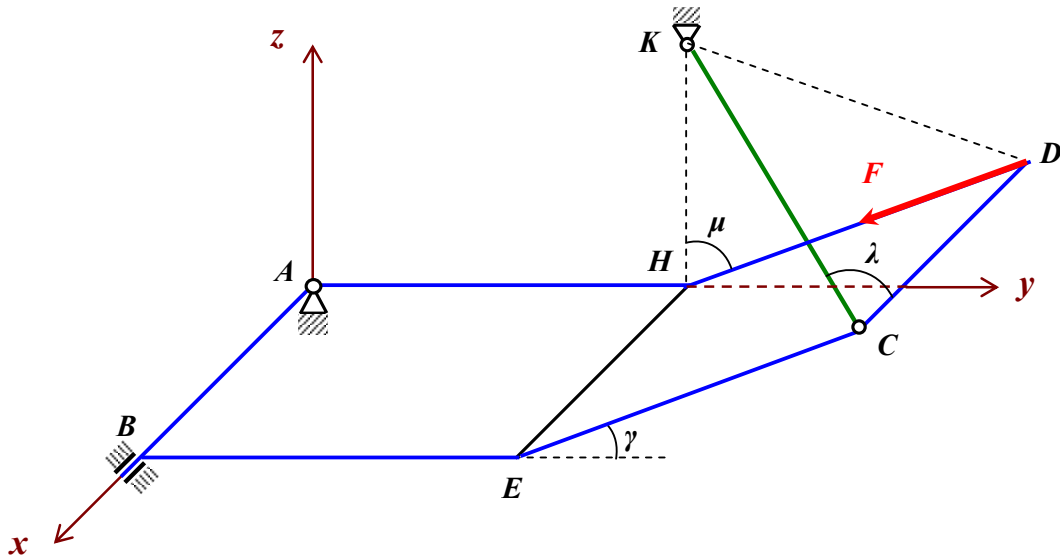


Joonis 25.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Y_A$  peab tulema  $-71,87\text{ N}$ , ning  $Z_A$  peab tulema  $-26,6\text{ N}$ .

### Variant 26.

Esialgsest horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  painutati mööda sirget  $EH$  nii, et parempoolne osa moodustaks horisontaaltasapinnaga nurga  $\gamma = 30^\circ$ . Kummagi osa kaal on ühtemoodi  $200\text{ N}$ . Konstruktsioon on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge vardaga  $CK$ . Punkti  $D$  on rakendatud vertikaaltasapinnas asetsev sihis  $DH$  mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AB = l$ ,  $AH = HD = 2l$ ,  $KH = 2l$ . Sirge  $KH$  on vertikaalne. Antud on ka nurk  $\lambda = 63,435^\circ$ .

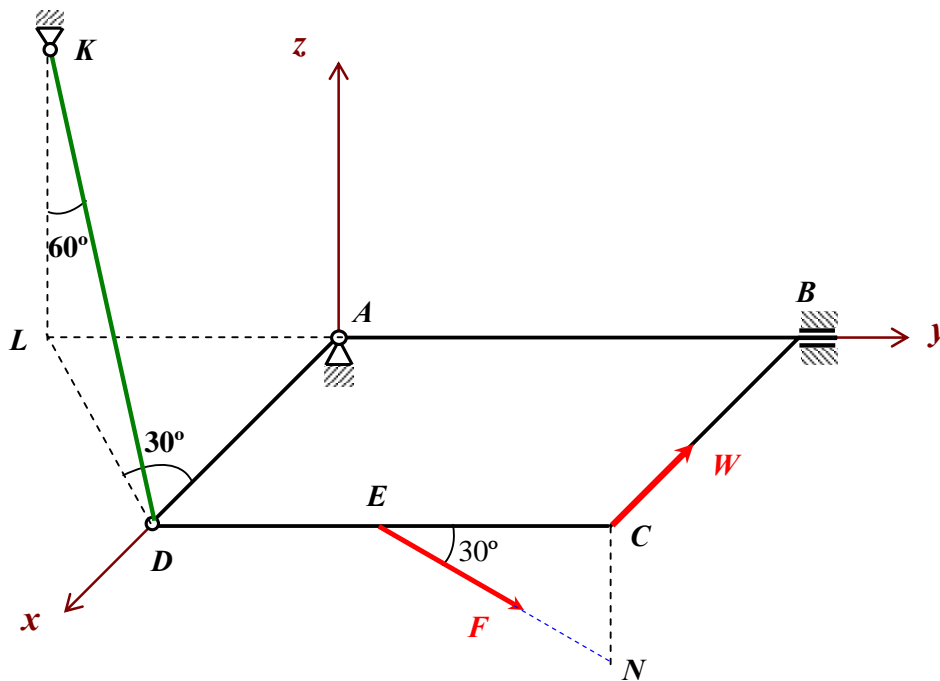


Joonis 26.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $170,79\text{ N}$ , aga  $Y_B$  peab tulema  $-341,58\text{ N}$ .

### Variand 27.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $200\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge varda  $KD$  abil. Punkti  $E$  rakendatud jõud  $\vec{F}$  mõjub vertikaaltasapinnas, tema moodul on  $240\text{ N}$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $D$ , kui  $AD = 2l$ ,  $AB = 4l$ ,  $DE = EC$ . Sirged  $KL$  ja  $CN$  on vertikaalsed. Nurgad on näidatud joonisel.

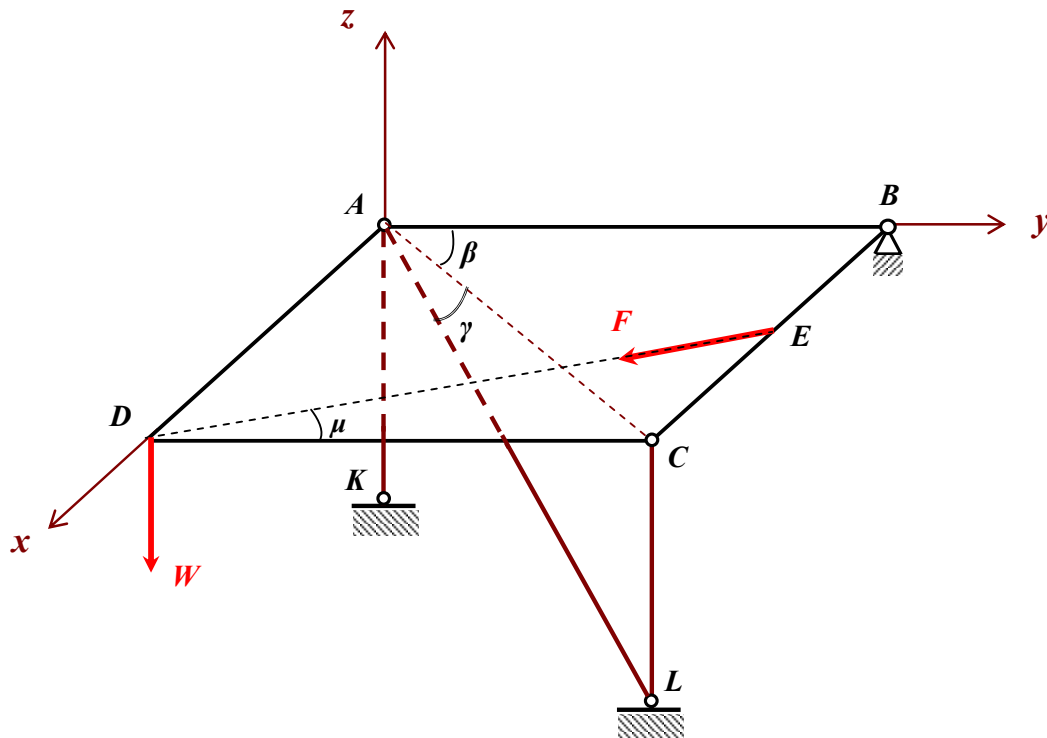


Joonis 27.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $321,34\text{ N}$ .

### Variant 28.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $B$  ja jäikade kergete varrastega  $AK$ ,  $CL$  ning  $AL$ . Punkti  $E$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub sihis  $ED$  ja mille moodul on  $200\text{ N}$ . Punkti  $D$  on rakendatud vertikaalne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AD = 2l$ ,  $AB = 3l$ ,  $AK = CL = l$ ,  $CE = EB$ . Vardad  $AK$  ja  $CL$  on vertikaalsed. Antud on ka nurgad:  $\beta = 33,690^\circ$ ,  $\gamma = 15,501^\circ$ ,  $\mu = 18,435^\circ$ .



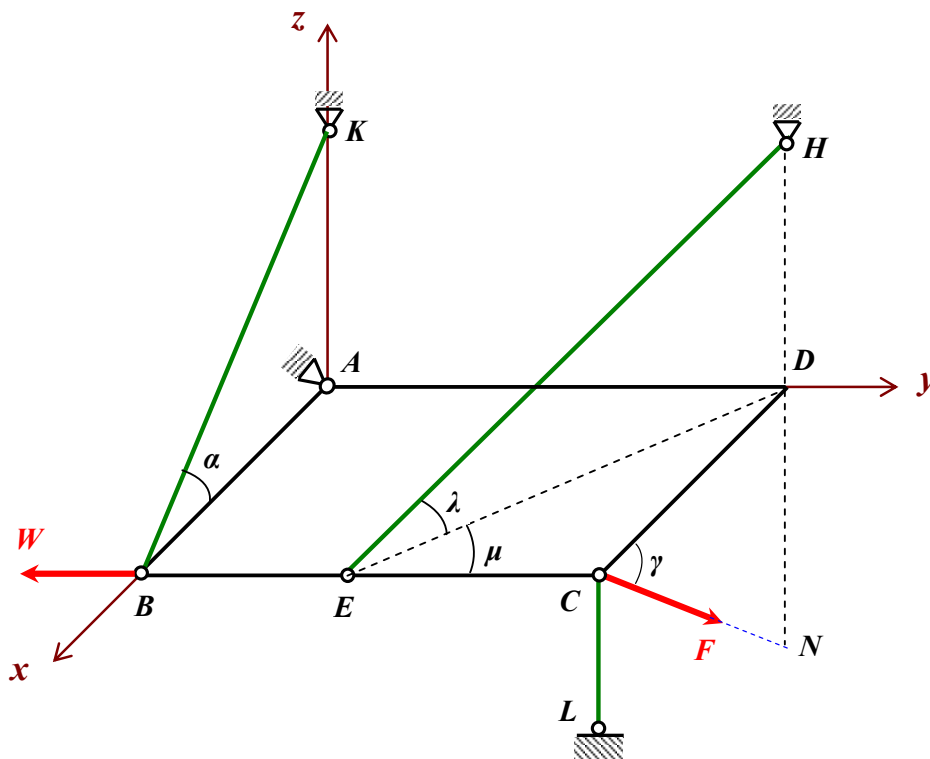
Joonis 28.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_B$  peab tulema  $-126,49\text{ N}$ .

### Variant 29.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja jäikade kergete varrastega  $BK$ ,  $EH$  ning  $CL$ . Punkti  $C$  on rakendatud vertikaaltasapinnas mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $180\text{ N}$ . Nurk  $\gamma = 60^\circ$ . Punkti  $B$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $100\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$ ,  $C$  ja  $E$ , kui  $AD = 4l$ ,  $AB = 2l$ ,  $DH = l$ ,  $EC = \sqrt{5}l$ ,  $AK = \frac{2}{\sqrt{3}}l$ . Varras  $CL$  ning sirge  $HDN$  on vertikaalsed.

Antud on ka ülejäänud nurgad:  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\lambda = 18,435^\circ$ ,  $\mu = 41,810^\circ$ .

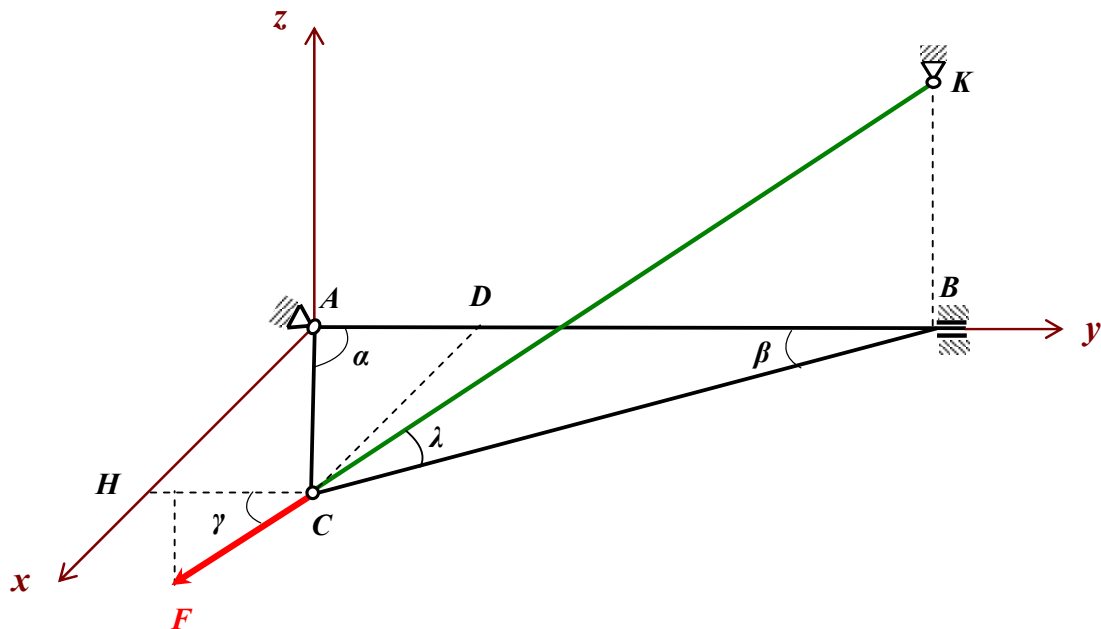


Joonis 29.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $69,365\text{ N}$ .

### Variant 30.

Horisontaalne kolmnurkne plaat  $ABC$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge vardaga  $CK$ . Plaadi nurk  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ . Plaadi vasakpoolse osa  $ADC$  kaal on  $60\text{ N}$ , parempoolse osa  $BDC$  kaal on  $180\text{ N}$ . Sirge  $CD$  on paralleelne  $x$ -teljega. Punkti  $C$  on rakendatud vertikaaltasapinnas mõjuv jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Nurk  $\gamma = 30^\circ$ . Sirge  $CH$  on paralleelne  $y$ -teljega. Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AB = 12l$ ,  $BK = \sqrt{13}l$ . Sirge  $BK$  on vertikaalne. Antud on ka nurk  $\lambda = 19,134^\circ$ .

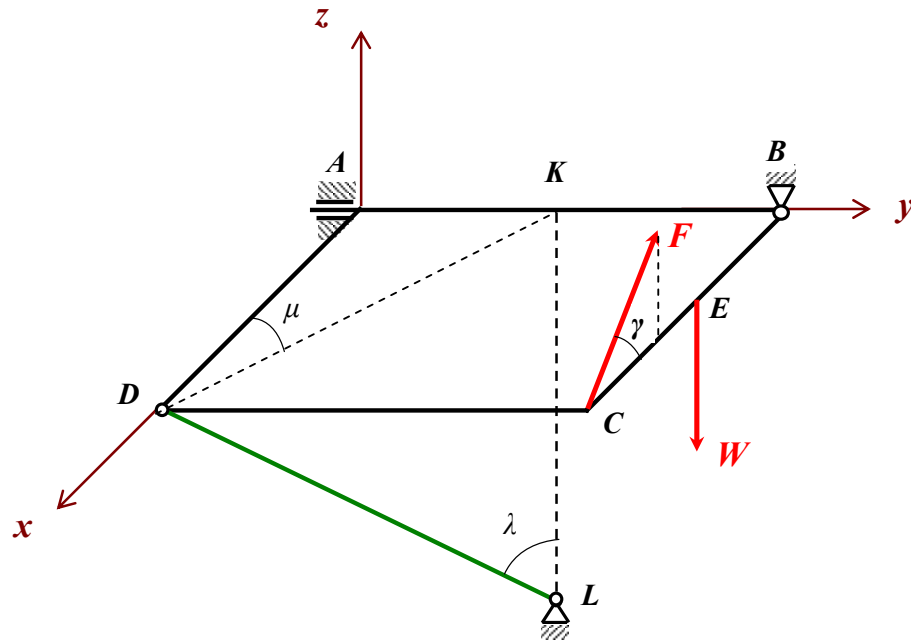


Joonis 30.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $60\text{ N}$ .

### Variand 31.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $B$ , silindrilise liigendiga  $A$  ja jäiga kerge vardaga  $DL$ . Plaadi kaal  $G$  on  $150\text{ N}$ . Punkti  $C$  rakendatud jõud  $\vec{F}$  mõjub vertikaaltasapinnas, tema moodul on  $250\text{ N}$ , nurk  $\gamma = 30^\circ$ . Jõud  $\vec{W}$  on suunatud otse alla, tema moodul on  $100\text{ N}$ . Leida sidemereaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $D$  kui  $BE=EC$ ,  $AB=3BE$ ,  $AB=KL$  ja  $AK=KB$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 39,806^\circ$  ja  $\mu = 36,870^\circ$ .



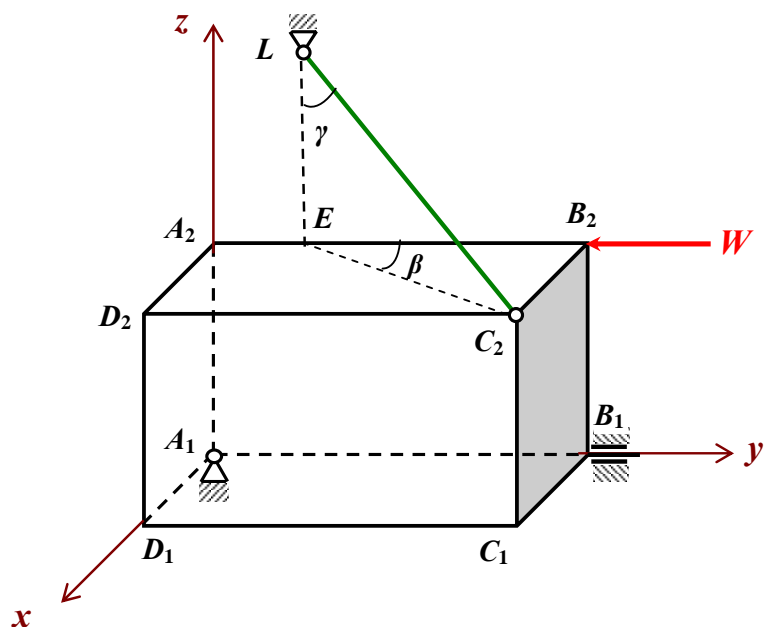
Joonis 31.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_B$  peab tulema  $216,5\text{ N}$ .



### Variant 32.

Risttahukas kaaluga  $G = 200\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , silindrilise liigendiga  $B_1$  ja jäiga kerge vardaga  $C_2L$ . Punkti  $B_2$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida reaktsioonjõud punktides  $A_1$ ,  $B_1$  ja  $C_2$ , kui  $A_2D_2 = 2A_2E$ ,  $A_2B_2 = 4A_2E$  ja  $A_1A_2 = 2A_2E$ . Nurk  $\gamma = 60^\circ$ . Sirge  $LE$  on vertikaalne. Antud on ka nurk  $\beta = 33,690^\circ$ .

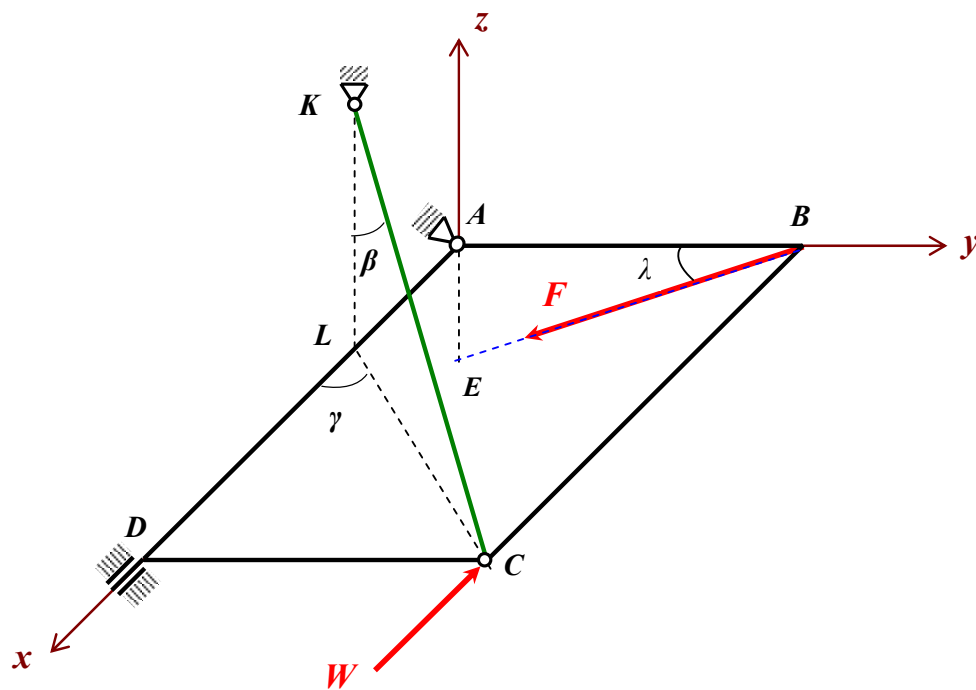


Joonis 32.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $36,75\text{ N}$ .

### Variand 33.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $D$  ja jäiga kerge vardaga  $KC$ . Plaadi kaal  $G$  on  $200\text{ N}$ . Punkti  $B$  on rakendatud vertikaaltasapinnas asetsev jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $180\text{ N}$ . Punkti  $C$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $80\text{ N}$ . Nurk  $\beta = 30^\circ$  ja  $\gamma = 60^\circ$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $D$  ja  $C$ , kui  $AB = 2l$ ,  $AD = 4l$  ja  $AE = l$ . Sirged  $AE$  ja  $KL$  on vertikaalsed. Nurk  $\lambda = 26,565^\circ$ .

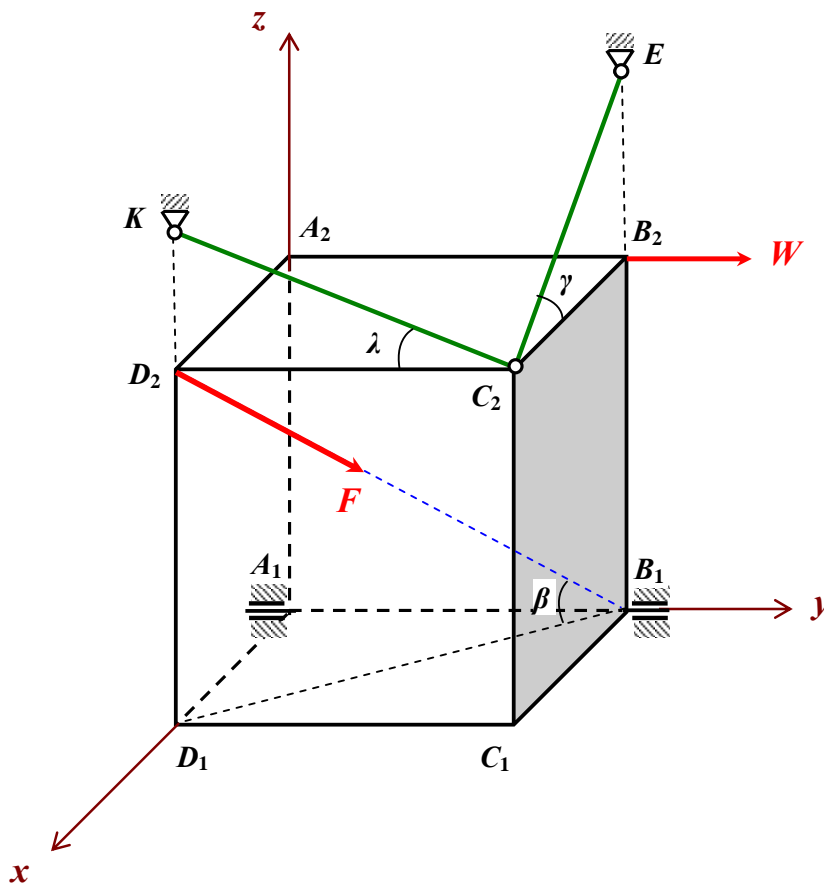


Joonis 33.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $132,11\text{ N}$ .

### Variant 34.

Kuup kaaluga  $300\text{ N}$  on kinnitatud silindriliste liigenditega  $A_1$  ja  $B_1$ , ning jäikade kergete varrastega  $KC_2$  ja  $EC_2$ . Kuubi punkti  $D_2$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub sihis  $D_2B_1$  ja mille moodul on  $200\text{ N}$ . Punkti  $B_2$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $160\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $B_1$  ja  $C_2$ , kui  $B_2E = \frac{3}{4}a$ , kus  $a$  on kuubi serva pikkus. Sirged  $KD_2$  ja  $EB_2$  on vertikaalsed. Antud on ka nurgad  $\gamma = 36,870^\circ$  ja  $\lambda = 40^\circ$ .

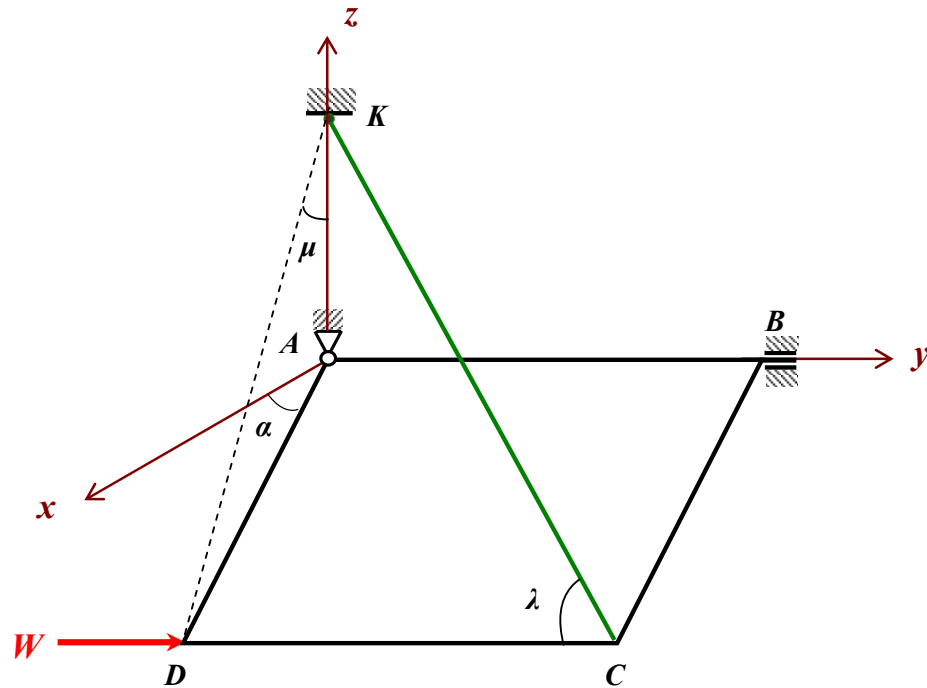


Joonis 34.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $275,47\text{ N}$ .

### Variant 35.

Ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja silindrilise liigendiga  $B$  ning ta hoitakse nööri  $KC$  abil horisontaaltasapinnast kallutatuna nurga  $\alpha = 30^\circ$  võrra. Punkti  $D$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AK = l$ ,  $AD = 2l$  ja  $AB = 3l$ . Antud ka nurgad:  $\lambda = 41,410^\circ$ ,  $\mu = 40,893^\circ$ .

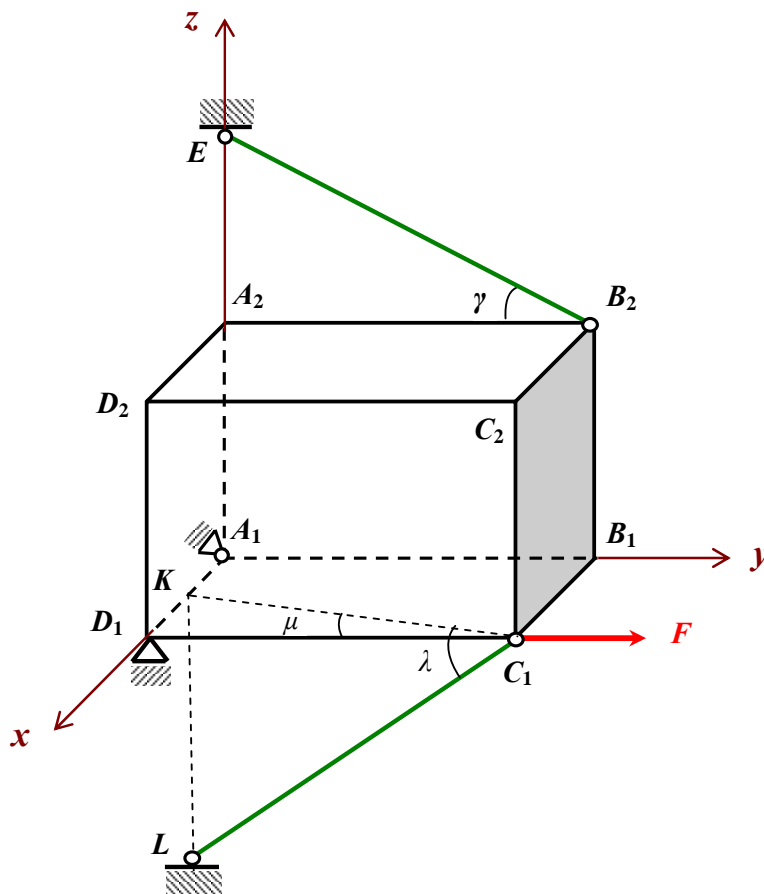


Joonis 35.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $138,56\text{ N}$ , ning  $Y_A$  peab tulema  $240\text{ N}$ .

### Variant 36.

Risttahukas kaaluga  $300\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , jäikade kergete varrastega  $EB_2$  ja  $LC_1$  ning punkti  $D_1$  lähedal toetub teravikule. Punkti  $C_1$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Nurk  $\gamma = 30^\circ$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $C_1$  ja  $D_1$ , kui  $A_2D_2 = 2b$ ,  $A_2B_2 = 6b$ ,  $A_1A_2 = 3b$ ,  $KL = 4b$  ja  $A_1K = KD_1$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne, risttahuka põhjad on horisontaalsed. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 33,329^\circ$ ,  $\mu = 9,462^\circ$ .

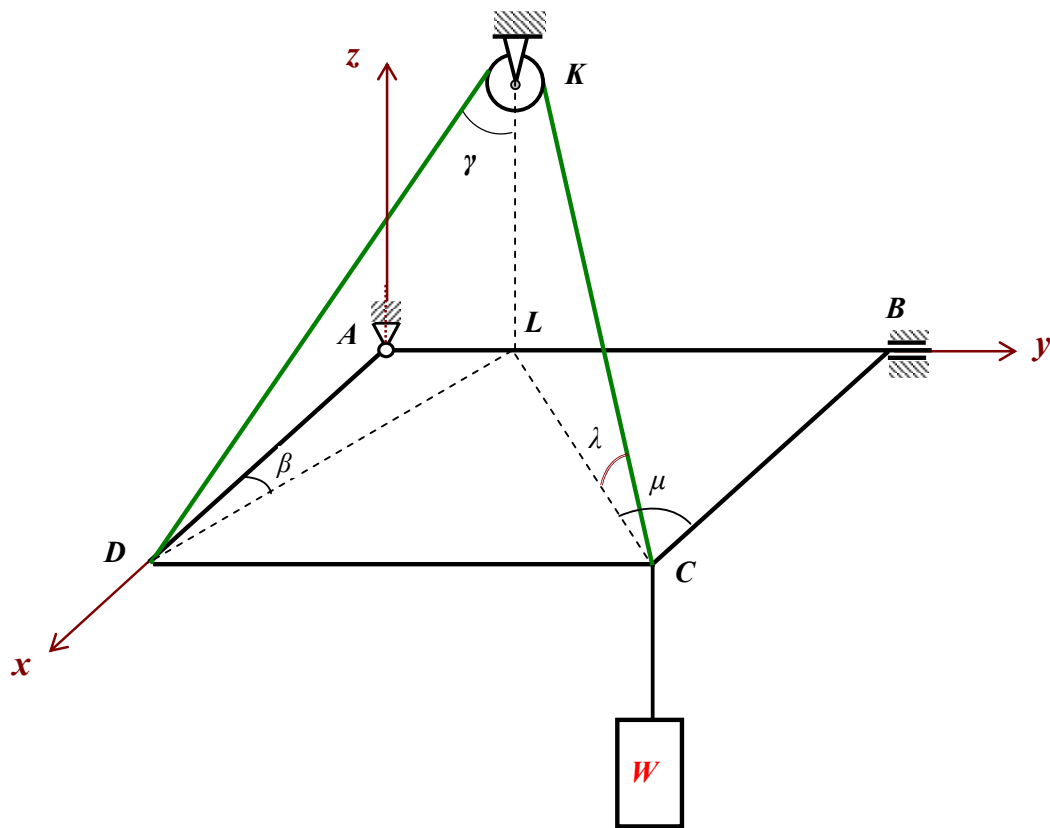


Joonis 36.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $40\text{ N}$ .

**Variant 37.**

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$ , mille kaal on  $150\text{ N}$ , hoitakse horisontaalasendis nööri  $DKC$  abil. Nöör on pandud üle väikese ploki  $K$ , kusjuures nurk  $\gamma = 45^\circ$ . Plaadi nurka  $C$  on riputatud keha  $W$ , mille kaal on  $240\text{ N}$ . Leida nööri tõmme ning sidemereaktsioonid punktides  $A$  ja  $B$ , kui  $AL = l$ ,  $AB = 4l$  ja  $AD = 2l$ . Sirge  $KL$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\beta = 26,565^\circ$ ,  $\lambda = 31,806^\circ$ ,  $\mu = 56,310^\circ$ .

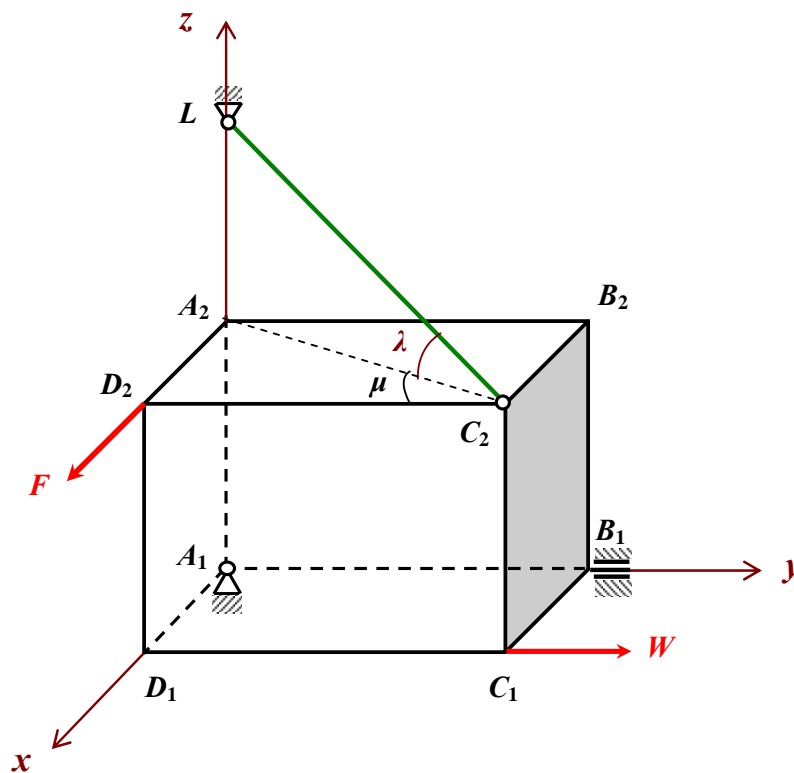


Joonis 37.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $211,31\text{ N}$ .

### Variant 38.

Risttahukas kaaluga  $250\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A_1$ , silindrilise liigendiga  $B_1$  ja jäiga kerge vardaga  $LC_2$ . Punkti  $D_2$  on rakendatud jõud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $180\text{ N}$ . Punkti  $C_1$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $120\text{ N}$ . Leida reaktsioonjõud punktides  $A_1$ ,  $B_1$  ja  $C_2$ , kui  $A_1B_1 = 4b$ ,  $A_1D_1 = 2b$ ,  $A_1A_2 = 3b$  ja  $A_2L = 2b$ . Antud on ka nurgad:  $\lambda = 24,0948^\circ$ ,  $\mu = 26,565^\circ$ .

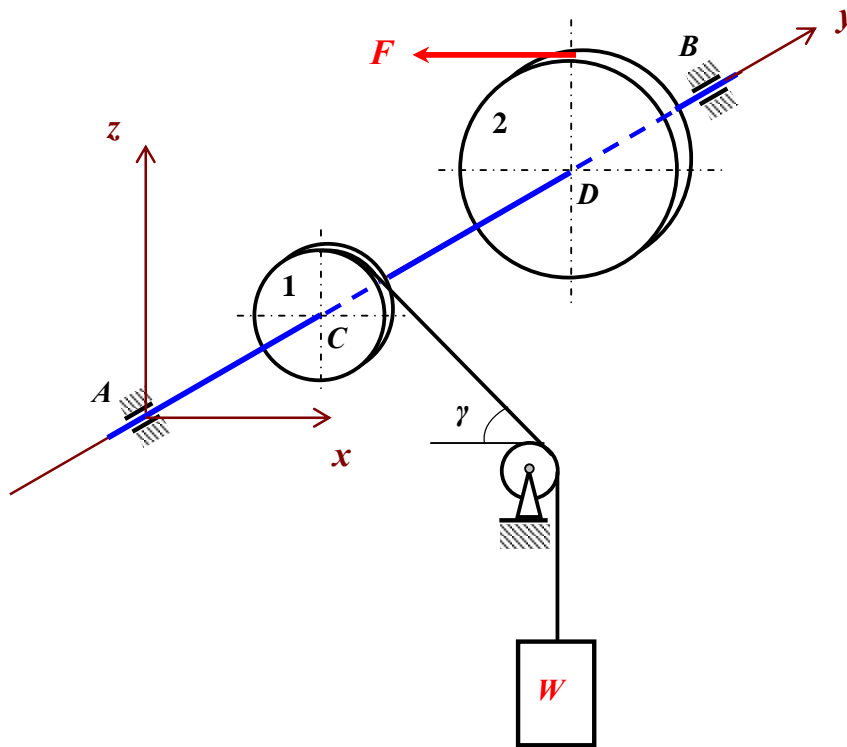


Joonis 38.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Y_A$  peab tulema  $196\text{ N}$ .

### Variand 39.

Ratas 1 kaaluga  $G_1 = 60 \text{ N}$  ja raadiusega  $20 \text{ cm}$  ning ratas 2 kaaluga  $G_2 = 200 \text{ N}$  ja raadiusega  $40 \text{ cm}$  asetsevad horisontaalsel völlil  $AB$ . Rattast 1 läheb nöör üle ploki ja kannab raskust  $W = 120 \text{ N}$ . Nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Rattale 2 on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne kuid vastassuunaline jõud  $\vec{F}$ . Leida laagrite  $A$  ja  $B$  reaktsioonid ning jõu  $\vec{F}$  suurus, mis on vajalik süsteemi tasakaalustamiseks, kui  $AC = 3l$ ,  $CD = 5l$  ja  $DB = 2l$ .



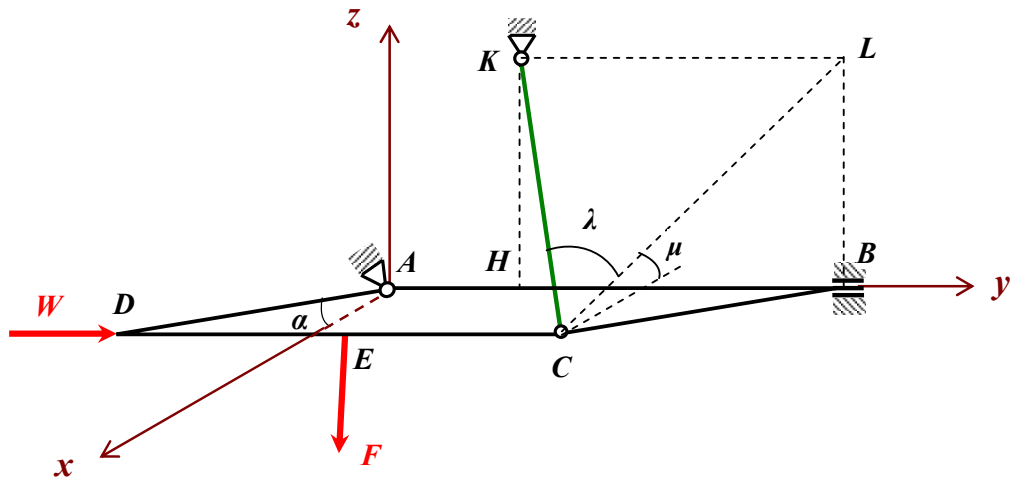
Joonis 39.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $-30 \text{ N}$ .



### Variant 40.

Ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $200\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$  ja silindrilise liigendiga  $B$ , ning ta hoitakse horisontaaltasapinnast kallutatuna nurga  $\alpha = 30^\circ$  võrra jäiga kerge varda  $KC$  abil. Punkti  $E$  on rakendatud *plaadiga ristiolev* jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub vertikaaltasapinnas ja mille moodul on  $160\text{ N}$ . Punkti  $D$  on rakendatud  $y$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{W}$ , mille moodul on  $100\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AD = 2l$ ,  $AB = 4l$ ,  $HB = \sqrt{5}l$ ,  $KH = 2l$ ,  $DE = EC$ . Sirge  $KH$  on vertikaalne. Antud on ka nurgad:  $\lambda = 48,190^\circ$ ,  $\mu = 30^\circ$ .

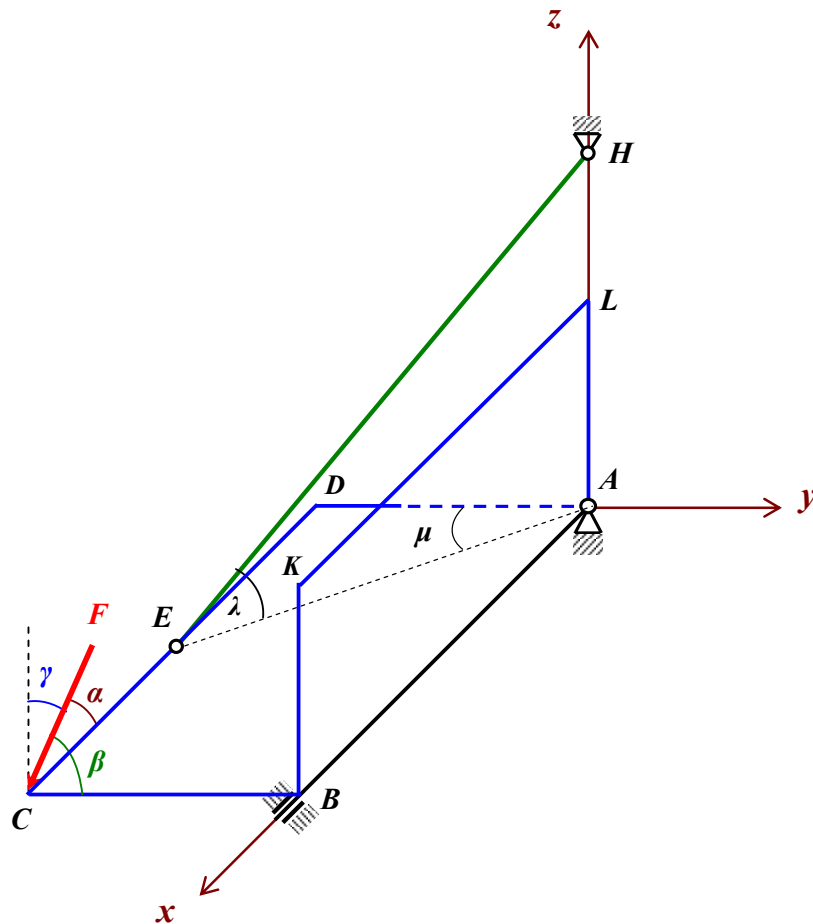


Joonis 40.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $54,55\text{ N}$ , aga  $Z_B$  peab tulema  $-27,68\text{ N}$ .

### Variant 41.

L-kujulise ristlõikega plaatkonstruktsiooni  $ABCDKL$  üks osa  $ABCD$  on horisontaalne ristkülik, selle kaal on  $160\text{ N}$ . Teine osa  $ABKL$  on vertikaalne ristkülik ja selle kaal on  $120\text{ N}$ . Konstruktsioon on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $A$ , silindrilise liigendiga  $B$  ja jäiga kerge vardaga  $EH$ . Punkti  $C$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mille suund on määratud nurkadega  $\alpha$ ,  $\beta$  ja  $\gamma$  (vaata jooniselt). Jõu moodul on  $200\text{ N}$ , nurk  $\alpha = 68,61^\circ$ ,  $\beta = 70^\circ$ ,  $\gamma = 30^\circ$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $E$ , kui  $AD = 2l$ ,  $AB = KL = 6l$ ,  $AL = BK = 1,5l$ ,  $LH = l$ ,  $CE = ED$ , nurk  $\lambda = 34,736^\circ$ ,  $\mu = 56,310^\circ$ .

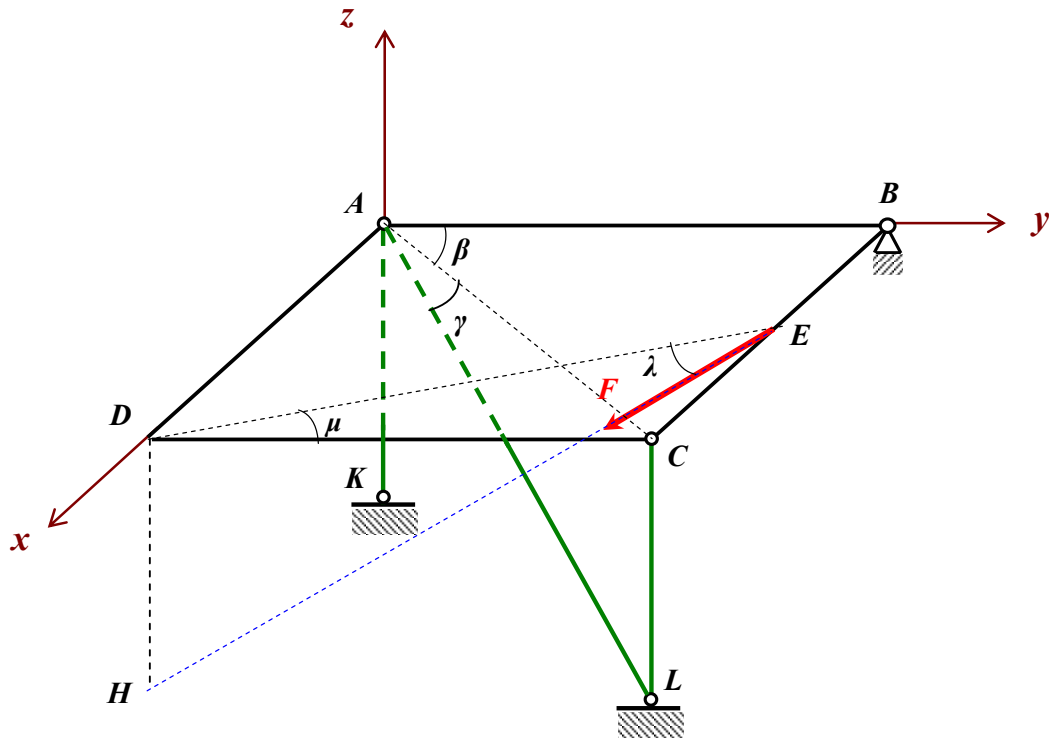


Joonis 41.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $230,90\text{ N}$ , aga  $Z_B$  peab tulema  $186,60\text{ N}$

### Variant 42.

Horisontaalne ristkülikukujuline plaat  $ABCD$  kaaluga  $240\text{ N}$  on kinnitatud sfäärilise liigendiga  $B$  ja jäikade kergete varrastega  $AK$ ,  $CL$  ning  $AL$ . Punkti  $E$  on rakendatud jõud  $\vec{F}$ , mis mõjub sihis  $EH$  ja mille moodul on  $200\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , kui  $AD = 2l$ ,  $AB = 3l$ ,  $AK = CL = l$ ,  $DH = \sqrt{6}l$ ,  $CE = EB$ . Vardad  $AK$  ja  $CL$ , ning samuti sirge  $DH$  on vertikaalsed. Antud on ka nurgad  $\beta = 33,690^\circ$ ,  $\gamma = 15,501^\circ$ ,  $\lambda = 37,761^\circ$ ,  $\mu = 18,435^\circ$ .

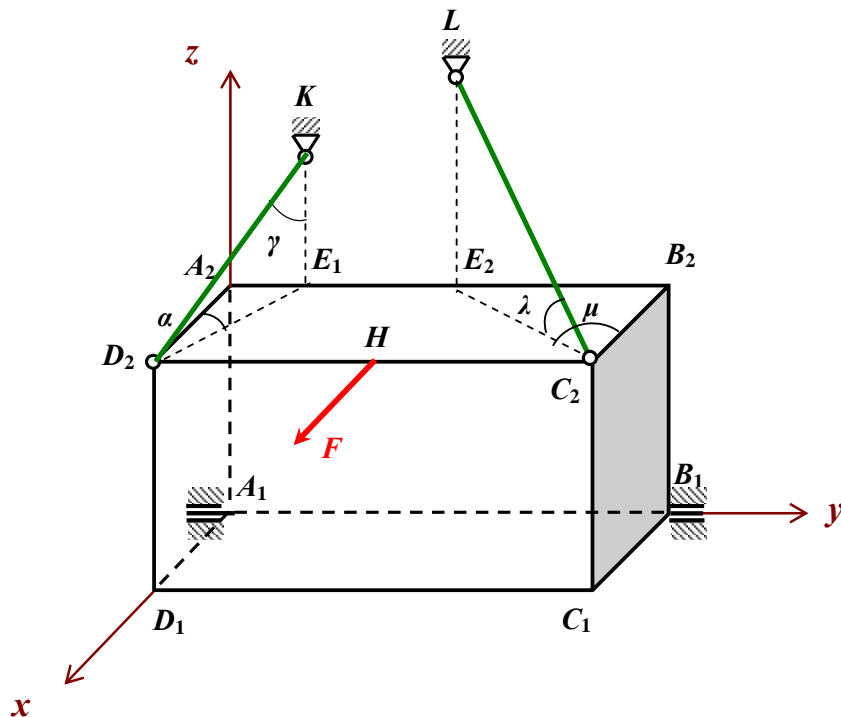


Joonis 42.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $Z_B$  peab tulema  $61,24\text{ N}$ .

### Variant 43.

Risttahukas kaaluga  $280\text{ N}$  on kinnitatud silindriliste liigenditega  $A_1$  ja  $B_1$ , ning jäikade kergete varrastega  $KD_2$  ja  $LC_2$ . Punkti  $H$  on rakendatud  $x$ -teljega paralleelne jõud  $\vec{F}$ , mille moodul on  $360\text{ N}$ . Leida sidemete reaktsioonid punktides  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_2$  ja  $D_2$ , kui  $A_1D_1 = l$ ,  $A_1B_1 = 4l$ ,  $A_1A_2 = 2l$ ,  $A_2E_1 = \sqrt{3}l$ ,  $B_2E_2 = \sqrt{2}l$ ,  $LE_2 = \sqrt{2}l$ ,  $D_2H = HC_2$ , nurk  $\gamma$  on  $60^\circ$ . Sirged  $KE_1$  ja  $LE_2$  on vertikaalsed. Nurk  $\lambda = 39,232^\circ$ ,  $\mu = 54,736^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ .



Joonis 43.

**Abiks lahendajale:** näiteks  $X_A$  peab tulema  $-62,77\text{ N}$ .