

# Рычаг Жуковского

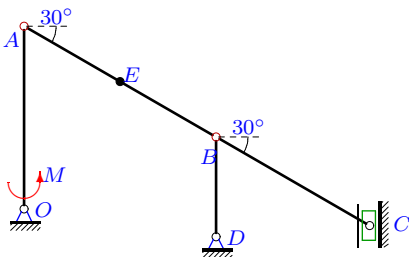
Плоский шарнирно-стержневой механизм с одной степенью свободы движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести и момента  $M$ , который вращает звено  $OA$  с постоянной угловой скоростью  $\omega_{OA}$ . В узлах  $A, B, C$  и в центре  $E$  звена  $AB$  расположены материальные точки. Дан ряд  $p = [0.1, 0.3, 0.5, 0.1]$  распределения дискретной случайной величины  $M_{fr}$  момента трения на осях неподвижных шарниров  $O$  и  $D$ . Сила сопротивления движению ползуна —  $F_{fr}$ , остальные связи идеальные. Пренебрегая массами стержней, определить математическое ожидание и дисперсию момента  $M$ .

В ответе указаны вспомогательные величины (мощности):  $N_a$  — сил инерции,  $N_p$  — сил тяжести,  $N_{fr}$  — сил трения в ползунах,  $N_M$  — моментов трения

Кирсанов М.Н. **Решебник. Теоретическая механика**/Под ред. А. И. Кириллова.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 384 с. (с.288.)

## Задача L-17.1.

1

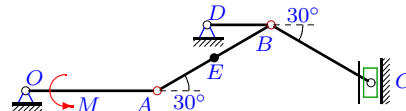


$m_A = 21$  кг,  
 $m_B = 25$  кг,  
 $m_C = 25$  кг,  
 $m_E = 25$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 29$  Н,  
 $M_{fr} = [42, 43, 44, 46]$

## Задача L-17.2.

1

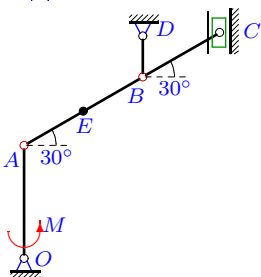


$m_A = 26$  кг,  
 $m_B = 29$  кг,  
 $m_C = 29$  кг,  
 $m_E = 29$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 16$  см,  
 $AB = 33$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 27$  Н,  
 $M_{fr} = [45, 46, 47, 49]$

## Задача L-17.3.

1

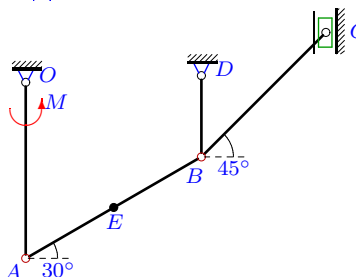


$m_A = 14$  кг,  
 $m_B = 18$  кг,  
 $m_C = 16$  кг,  
 $m_E = 15$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 24$  Н,  
 $M_{fr} = [30, 31, 32, 34]$

## Задача L-17.4.

1

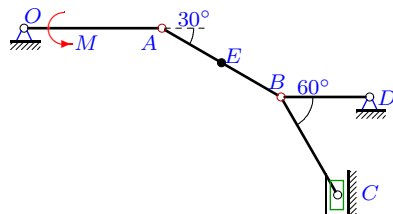


$m_A = 9$  кг,  
 $m_B = 11$  кг,  
 $m_C = 11$  кг,  
 $m_E = 10$  кг,  
 $OA = 26$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.8 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 35$  Н,  
 $M_{fr} = [36, 37, 38, 40]$

## Задача L-17.5.

1

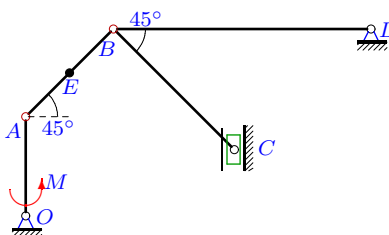


$m_A = 21$  кг,  
 $m_B = 24$  кг,  
 $m_C = 22$  кг,  
 $m_E = 25$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 28$  см,  
 $BC = 23$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 29$  Н,  
 $M_{fr} = [42, 43, 44, 46]$

## Задача L-17.6.

1

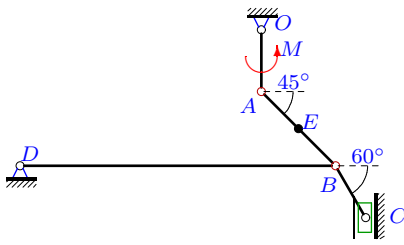


$m_A = 25$  кг,  
 $m_B = 29$  кг,  
 $m_C = 26$  кг,  
 $m_E = 28$  кг,  
 $OA = 32$  см,  
 $DB = 83$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 55$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 40$  Н,  
 $M_{fr} = [57, 58, 59, 61]$

### Задача L-17.7.

1

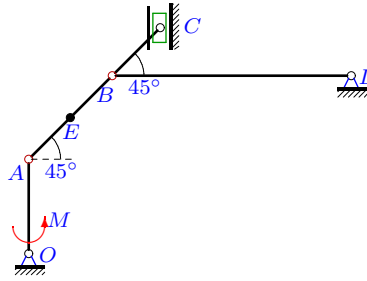


$m_A = 7$  кг,  
 $m_B = 9$  кг,  
 $m_C = 10$  кг,  
 $m_E = 11$  кг,  
 $OA = 30$  см,  
 $DB = 153$  см,  
 $AB = 51$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 24$  Н,  
 $M_{fr} = [23, 24, 25, 27]$

### Задача L-17.8.

1

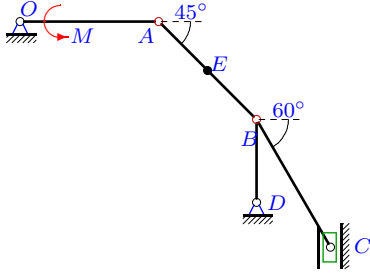


$m_A = 31$  кг,  
 $m_B = 35$  кг,  
 $m_C = 32$  кг,  
 $m_E = 32$  кг,  
 $OA = 32$  см,  
 $DB = 81$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 23$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 13$  Н,  
 $M_{fr} = [36, 37, 38, 40]$

### Задача L-17.9.

1

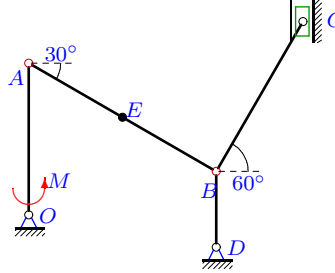


$m_A = 31$  кг,  
 $m_B = 34$  кг,  
 $m_C = 35$  кг,  
 $m_E = 35$  кг,  
 $OA = 30$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 33$  Н,  
 $M_{fr} = [56, 57, 58, 60]$

### Задача L-17.10.

1

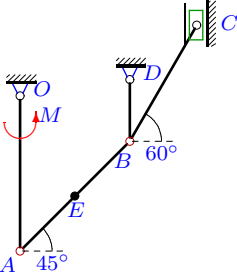


$m_A = 31$  кг,  
 $m_B = 35$  кг,  
 $m_C = 35$  кг,  
 $m_E = 33$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 31$  Н,  
 $M_{fr} = [54, 55, 56, 58]$

### Задача L-17.11.

1

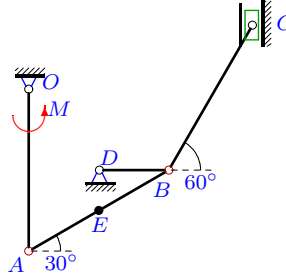


$m_A = 30$  кг,  
 $m_B = 32$  кг,  
 $m_C = 32$  кг,  
 $m_E = 31$  кг,  
 $OA = 30$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 19$  Н,  
 $M_{fr} = [41, 42, 43, 45]$

### Задача L-17.12.

1

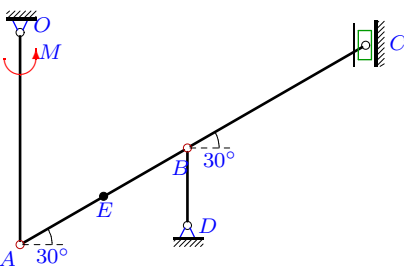


$m_A = 31$  кг,  
 $m_B = 33$  кг,  
 $m_C = 34$  кг,  
 $m_E = 32$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 28$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 21$  Н,  
 $M_{fr} = [44, 45, 46, 48]$

### Задача L-17.13.

1

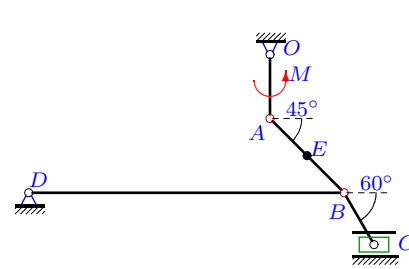


$m_A = 29$  кг,  
 $m_B = 31$  кг,  
 $m_C = 33$  кг,  
 $m_E = 30$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 16$  Н,  
 $M_{fr} = [37, 38, 39, 41]$

### Задача L-17.14.

1

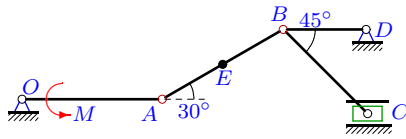


$m_A = 13$  кг,  
 $m_B = 15$  кг,  
 $m_C = 16$  кг,  
 $m_E = 17$  кг,  
 $OA = 31$  см,  
 $DB = 153$  см,  
 $AB = 51$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 25$  Н,  
 $M_{fr} = [30, 31, 32, 34]$

### Задача L-17.15.

1

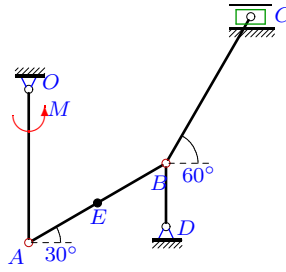


$m_A = 14$  кг,  
 $m_B = 17$  кг,  
 $m_C = 15$  кг,  
 $m_E = 17$  кг,  
 $OA = 27$  см,  
 $DB = 16$  см,  
 $AB = 27$  см,  
 $BC = 23$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 15$  Н,  
 $M_{fr} = [21, 22, 23, 25]$

### Задача L-17.16.

1

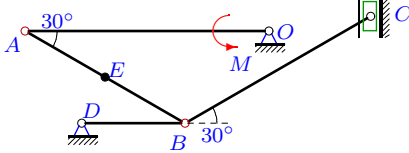


$m_A = 10$  кг,  
 $m_B = 12$  кг,  
 $m_C = 14$  кг,  
 $m_E = 11$  кг,  
 $OA = 29$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 11$  Н,  
 $M_{fr} = [13, 14, 15, 17]$

### Задача L-17.17.

1

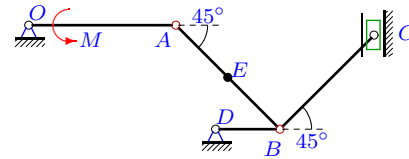


$m_A = 23$  кг,  
 $m_B = 24$  кг,  
 $m_C = 26$  кг,  
 $m_E = 25$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 25$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 23$  Н,  
 $M_{fr} = [38, 39, 40, 42]$

### Задача L-17.18.

1

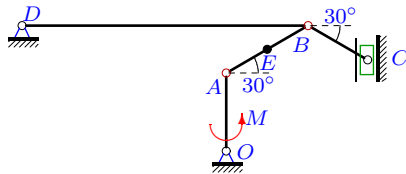


$m_A = 17$  кг,  
 $m_B = 20$  кг,  
 $m_C = 20$  кг,  
 $m_E = 19$  кг,  
 $OA = 32$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 32$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 11$  Н,  
 $M_{fr} = [20, 21, 22, 24]$

### Задача L-17.19.

1

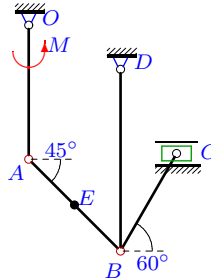


$m_A = 26$  кг,  
 $m_B = 30$  кг,  
 $m_C = 29$  кг,  
 $m_E = 29$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 121$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 20$  Н,  
 $M_{fr} = [38, 39, 40, 42]$

### Задача L-17.20.

1

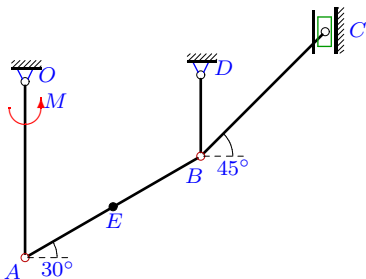


$m_A = 27$  кг,  
 $m_B = 29$  кг,  
 $m_C = 29$  кг,  
 $m_E = 29$  кг,  
 $OA = 31$  см,  
 $DB = 42$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 40$  Н,  
 $M_{fr} = [59, 60, 61, 63]$

### Задача L-17.21.

1

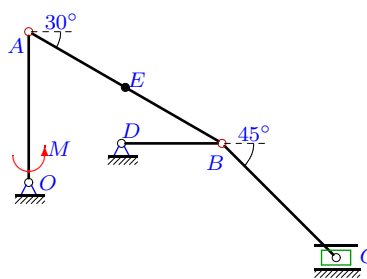


$m_A = 24$  кг,  
 $m_B = 26$  кг,  
 $m_C = 26$  кг,  
 $m_E = 25$  кг,  
 $OA = 26$  см,  
 $DB = 12$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.8 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 25$  Н,  
 $M_{fr} = [41, 42, 43, 45]$

### Задача L-17.22.

1

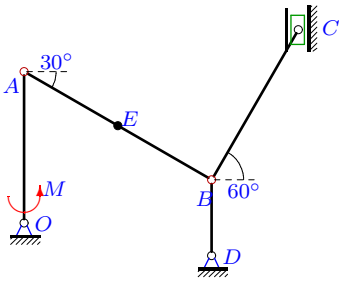


$m_A = 30$  кг,  
 $m_B = 34$  кг,  
 $m_C = 33$  кг,  
 $m_E = 34$  кг,  
 $OA = 27$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 11$  Н,  
 $M_{fr} = [33, 34, 35, 37]$

### Задача L-17.23.

1

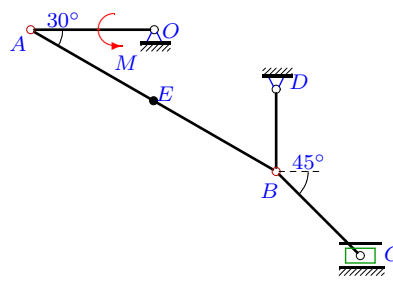


$m_A = 20$  кг,  
 $m_B = 24$  кг,  
 $m_C = 24$  кг,  
 $m_E = 22$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 16$  Н,  
 $M_{fr} = [28, 29, 30, 32]$

### Задача L-17.24.

1

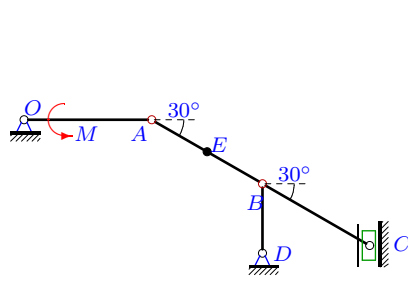


$m_A = 8$  кг,  
 $m_B = 9$  кг,  
 $m_C = 10$  кг,  
 $m_E = 12$  кг,  
 $OA = 27$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 62$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 25$  Н,  
 $M_{fr} = [25, 26, 27, 29]$

### Задача L-17.25.

1

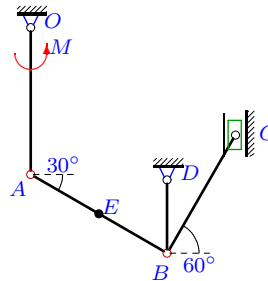


$m_A = 23$  кг,  
 $m_B = 26$  кг,  
 $m_C = 27$  кг,  
 $m_E = 27$  кг,  
 $OA = 33$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 33$  см,  
 $BC = 32$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 13$  Н,  
 $M_{fr} = [28, 29, 30, 32]$

### Задача L-17.26.

1

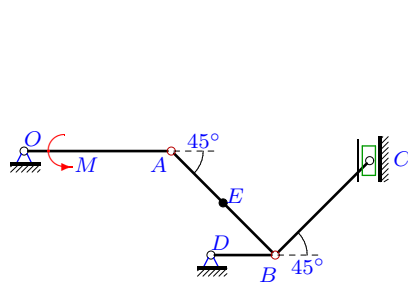


$m_A = 22$  кг,  
 $m_B = 24$  кг,  
 $m_C = 24$  кг,  
 $m_E = 24$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 30$  см,  
 $BC = 26$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 32$  Н,  
 $M_{fr} = [46, 47, 48, 50]$

### Задача L-17.27.

1

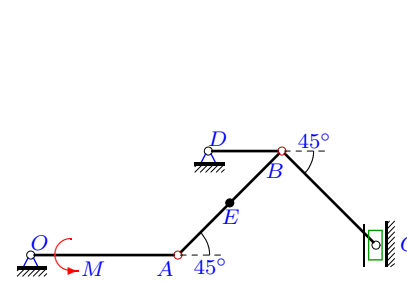


$m_A = 15$  кг,  
 $m_B = 18$  кг,  
 $m_C = 18$  кг,  
 $m_E = 17$  кг,  
 $OA = 32$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 32$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 41$  Н,  
 $M_{fr} = [48, 49, 50, 52]$

### Задача L-17.28.

1

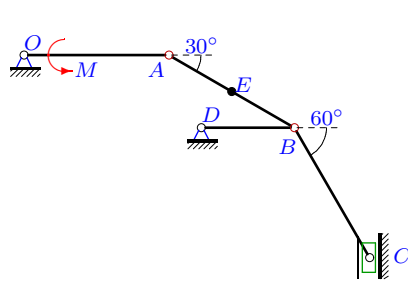


$m_A = 20$  кг,  
 $m_B = 23$  кг,  
 $m_C = 23$  кг,  
 $m_E = 23$  кг,  
 $OA = 32$  см,  
 $DB = 16$  см,  
 $AB = 32$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 35$  Н,  
 $M_{fr} = [47, 48, 49, 51]$

### Задача L-17.29.

1

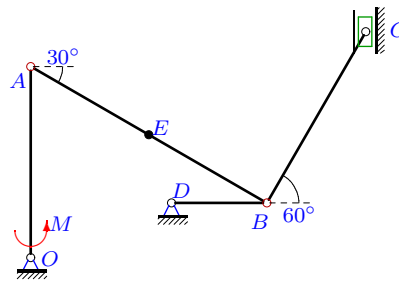


$m_A = 30$  кг,  
 $m_B = 33$  кг,  
 $m_C = 33$  кг,  
 $m_E = 34$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 18$  см,  
 $AB = 28$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 19$  Н,  
 $M_{fr} = [41, 42, 43, 45]$

### Задача L-17.30.

1



$m_A = 17$  кг,  
 $m_B = 21$  кг,  
 $m_C = 20$  кг,  
 $m_E = 19$  кг,  
 $OA = 28$  см,  
 $DB = 14$  см,  
 $AB = 40$  см,  
 $BC = 29$  см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$ ,  $F_{fr} = 36$  Н,  
 $M_{fr} = [45, 46, 47, 49]$

№	$v_A$	$v_B$	$v_C$	$v_E$	$a_A$	$a_B$	$a_C$	$a_E$	$M$	$\mu(M)$	$D(M)$
1	0.198	0.198	0.343	0.198	0.119	0.225	0.861	0.171	300.103	293.586	8.108
2	0.198	0.198	0.198	0.198	0.119	0.328	0.643	0.212	534.080	527.036	9.473
3	0.198	0.198	0.343	0.198	0.119	0.416	1.325	0.165	65.786	57.161	14.203
4	0.208	0.208	0.208	0.208	0.166	0.378	0.222	0.269	162.722	155.438	10.128
5	0.196	0.196	0.196	0.196	0.137	0.644	0.484	0.306	387.570	381.692	6.596
6	0.192	0.192	0.192	0.136	0.115	0.423	0.465	0.269	-110.420	-113.607	1.939
7	0.210	0.210	0.210	0.148	0.147	0.364	0.379	0.255	-35.171	-37.922	1.445
8	0.192	0.192	0.192	0.136	0.115	0.424	0.376	0.269	-190.766	-193.974	1.966
9	0.210	0.210	0.121	0.148	0.147	0.844	0.434	0.493	380.652	374.519	7.182
10	0.196	0.196	0.113	0.196	0.137	0.286	0.505	0.210	127.505	120.605	9.090
11	0.210	0.210	0.121	0.210	0.147	0.429	0.021	0.280	211.905	203.855	12.372
12	0.196	0.339	0.339	0.196	0.137	1.190	0.149	0.638	661.865	650.270	25.670
13	0.198	0.198	0.343	0.198	0.119	0.416	0.861	0.165	335.590	326.965	14.203
14	0.186	0.186	0.322	0.132	0.112	0.282	1.463	0.197	-31.579	-34.345	1.461
15	0.189	0.189	0.189	0.189	0.132	0.655	0.400	0.311	192.516	186.335	7.295
16	0.203	0.203	0.203	0.203	0.142	0.443	0.314	0.173	61.419	53.561	11.790
17	0.198	0.198	0.198	0.198	0.119	0.745	1.176	0.355	-150.256	-157.978	11.383
18	0.192	0.192	0.192	0.192	0.115	0.302	0.411	0.203	316.925	309.368	10.904
19	0.198	0.343	0.343	0.198	0.119	0.741	0.566	0.429	-313.107	-316.493	2.190
20	0.186	0.186	0.186	0.186	0.112	0.087	0.113	0.098	122.526	118.528	3.051
21	0.208	0.208	0.208	0.208	0.166	0.378	0.222	0.269	212.692	205.408	10.128
22	0.189	0.327	0.327	0.189	0.132	0.746	1.191	0.416	382.548	374.272	13.076
23	0.196	0.196	0.113	0.196	0.137	0.286	0.505	0.210	63.261	56.361	9.090
24	0.189	0.109	0.109	0.109	0.132	0.105	0.016	0.112	21.116	16.824	3.517
25	0.198	0.114	0.198	0.114	0.119	0.351	0.849	0.234	285.432	280.697	4.280
26	0.196	0.196	0.113	0.196	0.137	0.286	0.093	0.210	194.392	187.492	9.090
27	0.192	0.192	0.192	0.192	0.115	0.302	0.411	0.203	393.817	386.260	10.904
28	0.192	0.192	0.192	0.192	0.115	0.258	0.346	0.182	447.404	440.504	9.090
29	0.196	0.196	0.196	0.196	0.137	0.251	0.009	0.187	475.474	469.597	6.596
30	0.196	0.339	0.339	0.196	0.137	1.144	1.270	0.622	454.995	444.728	20.127

L-17 файл o17L1A

$N^{\circ}$	$\omega_{BD}$	$\omega_{BC}$	$\varepsilon_{AB}$	$\varepsilon_{BC}$	$\varepsilon_{BD}$	$N_p$	$N_a$	$N_{fr}$	$N_M$
1	1.100	1.238	-0.286	3.010	0.318	-84.108	-7.809	-9.945	-78.200
2	1.238	-0.000	0.765	1.690	1.366	-219.489	-5.575	-5.346	-90.038
3	-1.650	-1.523	1.286	-5.996	-2.143	53.829	-8.570	-8.231	-76.500
4	1.733	1.131	0.747	-1.890	-0.934	-22.445	0.881	-7.280	-101.333
5	-1.089	-0.000	2.504	-1.071	-3.374	-176.894	-6.432	-5.684	-82.289
6	0.231	0.000	-0.618	-0.114	0.506	129.963	-5.320	-7.680	-50.711
7	-0.137	-0.000	0.259	0.115	0.237	50.472	1.793	-5.040	-22.606
8	0.237	0.000	-0.622	0.280	0.520	156.332	-5.895	-2.496	-33.481
9	1.167	0.758	-2.135	3.246	4.488	-141.544	-8.912	-4.001	-112.000
10	1.400	-0.707	-0.396	-0.575	0.566	38.854	-2.800	-3.508	-121.800
11	1.750	0.933	1.039	-1.481	-1.838	-38.061	2.281	-2.304	-110.250
12	2.829	0.000	3.465	-3.824	5.859	-276.416	-10.367	-7.129	-169.393
13	-1.650	1.238	-1.715	-1.045	-2.143	-111.022	7.405	-5.487	-92.250
14	-0.122	1.283	0.203	-4.787	0.184	42.880	8.655	-8.054	-24.533
15	-1.181	-1.162	-2.634	2.436	3.849	-88.996	4.102	-2.835	-47.031
16	-1.692	0.000	-1.869	2.146	-2.336	0.000	-0.102	-2.233	-40.658
17	-1.414	-0.000	-3.191	-1.931	-4.934	190.353	-11.045	-4.554	-84.600
18	1.371	0.000	-0.655	-1.284	-1.058	-143.148	2.419	-2.112	-47.314
19	-0.283	0.000	-1.212	0.670	-0.607	247.276	-15.449	-6.859	-37.104
20	0.443	0.000	-0.138	-0.634	-0.070	0.000	-0.375	-7.440	-65.700
21	1.733	1.131	0.747	-1.890	-0.934	-53.052	2.099	-5.200	-114.000
22	1.819	-1.596	-1.430	-0.359	-2.495	-163.780	-7.212	-3.601	-93.190
23	1.400	-0.707	-0.396	-0.575	0.566	26.643	-1.915	-1.811	-67.200
24	0.606	-0.000	0.052	-0.360	0.454	25.957	-0.130	-2.728	-37.880
25	0.635	0.714	-0.531	3.032	1.909	-123.341	-5.821	-2.574	-39.523
26	1.400	0.870	0.528	-0.086	0.566	-26.643	-0.811	-3.621	-105.000
27	1.371	0.000	-0.655	-1.284	-1.058	-128.079	2.176	-7.872	-102.514
28	1.200	-0.000	0.509	1.124	0.720	-167.633	-2.289	-6.720	-91.800
29	1.089	-0.000	-0.544	0.850	-0.733	-249.959	1.351	-3.724	-80.500
30	2.425	0.000	-2.453	-3.278	-5.676	-168.181	15.025	-12.221	-153.119