

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 ω_{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. 2

$m_A = 30$ кг,
 $m_B = 31$ кг,
 $m_C = 31$ кг,
 $m_E = 34$ кг,
 $OA = 32$ см,
 $DB = 18$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 16$ Н,
 $M_{fr} = [38, 39, 40, 42]$

Задача L-17.2. 2

$m_A = 32$ кг,
 $m_B = 36$ кг,
 $m_C = 34$ кг,
 $m_E = 34$ кг,
 $OA = 26$ см,
 $DB = 14$ см,
 $AB = 40$ см,
 $BC = 26$ см.

$\omega_{OA} = 0.8 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 19$ Н,
 $M_{fr} = [43, 44, 45, 47]$

Задача L-17.3. 2

$m_A = 10$ кг,
 $m_B = 13$ кг,
 $m_C = 13$ кг,
 $m_E = 14$ кг,
 $OA = 31$ см,
 $DB = 18$ см,
 $AB = 31$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 16$ Н,
 $M_{fr} = [18, 19, 20, 22]$

Задача L-17.4. 2

$m_A = 17$ кг,
 $m_B = 20$ кг,
 $m_C = 18$ кг,
 $m_E = 18$ кг,
 $OA = 31$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 31$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 25$ Н,
 $M_{fr} = [34, 35, 36, 38]$

Задача L-17.5. 2

$m_A = 18$ кг,
 $m_B = 21$ кг,
 $m_C = 20$ кг,
 $m_E = 19$ кг,
 $OA = 32$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 32$ см,
 $BC = 26$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 39$ Н,
 $M_{fr} = [49, 50, 51, 53]$

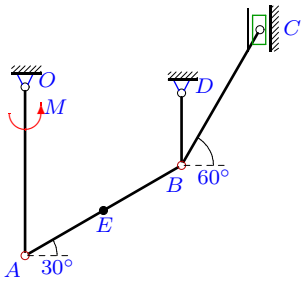
Задача L-17.6. 2

$m_A = 31$ кг,
 $m_B = 35$ кг,
 $m_C = 35$ кг,
 $m_E = 34$ кг,
 $OA = 32$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 40$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 24$ Н,
 $M_{fr} = [47, 48, 49, 51]$

Задача L-17.7.

2

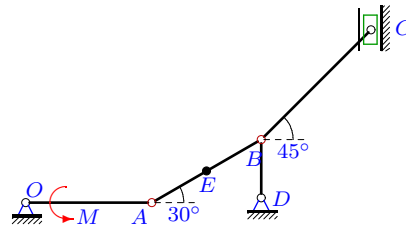


$m_A = 11$ кг,
 $m_B = 13$ кг,
 $m_C = 13$ кг,
 $m_E = 12$ кг,
 $OA = 28$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 30$ см,
 $BC = 26$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 42$ Н,
 $M_{fr} = [45, 46, 47, 49]$

Задача L-17.8.

2

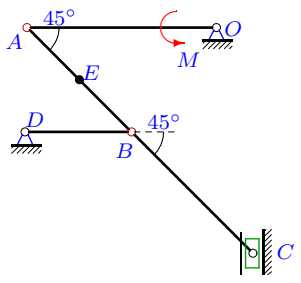


$m_A = 3$ кг,
 $m_B = 6$ кг,
 $m_C = 7$ кг,
 $m_E = 4$ кг,
 $OA = 26$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 26$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.8 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 24$ Н,
 $M_{fr} = [19, 20, 21, 23]$

Задача L-17.9.

2

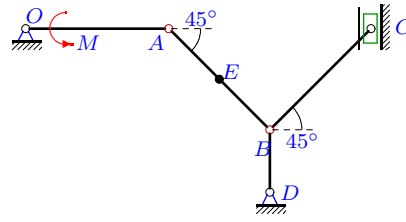


$m_A = 12$ кг,
 $m_B = 13$ кг,
 $m_C = 15$ кг,
 $m_E = 16$ кг,
 $OA = 32$ см,
 $DB = 18$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 30$ Н,
 $M_{fr} = [34, 35, 36, 38]$

Задача L-17.10.

2

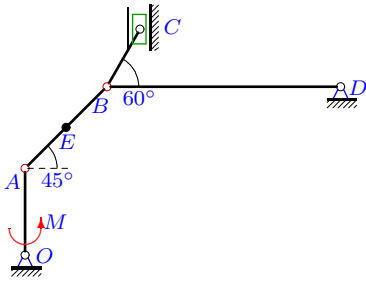


$m_A = 31$ кг,
 $m_B = 34$ кг,
 $m_C = 35$ кг,
 $m_E = 33$ кг,
 $OA = 32$ см,
 $DB = 14$ см,
 $AB = 32$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 40$ Н,
 $M_{fr} = [63, 64, 65, 67]$

Задача L-17.11.

2

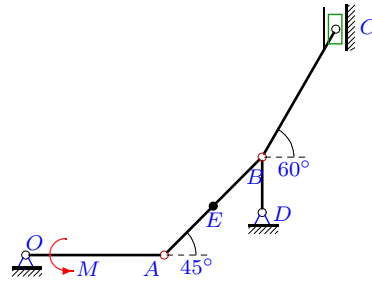


$m_A = 18$ кг,
 $m_B = 22$ кг,
 $m_C = 19$ кг,
 $m_E = 19$ кг,
 $OA = 30$ см,
 $DB = 81$ см,
 $AB = 40$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 42$ Н,
 $M_{fr} = [52, 53, 54, 56]$

Задача L-17.12.

2

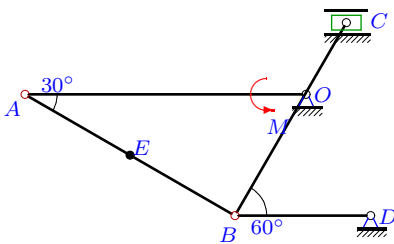


$m_A = 22$ кг,
 $m_B = 25$ кг,
 $m_C = 26$ кг,
 $m_E = 23$ кг,
 $OA = 30$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 30$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 29$ Н,
 $M_{fr} = [43, 44, 45, 47]$

Задача L-17.13.

2

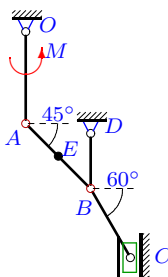


$m_A = 13$ кг,
 $m_B = 14$ кг,
 $m_C = 14$ кг,
 $m_E = 15$ кг,
 $OA = 29$ см,
 $DB = 14$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 41$ Н,
 $M_{fr} = [46, 47, 48, 50]$

Задача L-17.14.

2

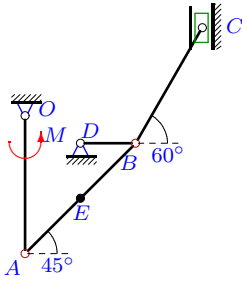


$m_A = 10$ кг,
 $m_B = 12$ кг,
 $m_C = 12$ кг,
 $m_E = 14$ кг,
 $OA = 30$ см,
 $DB = 18$ см,
 $AB = 30$ см,
 $BC = 26$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 33$ Н,
 $M_{fr} = [35, 36, 37, 39]$

Задача L-17.15.

2

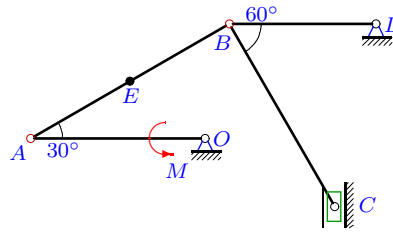


$m_A = 11$ кг,
 $m_B = 13$ кг,
 $m_C = 14$ кг,
 $m_E = 12$ кг,
 $OA = 30$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 34$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 26$ Н,
 $M_{fr} = [29, 30, 31, 33]$

Задача L-17.16.

2

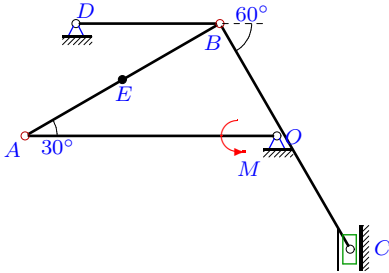


$m_A = 32$ кг,
 $m_B = 33$ кг,
 $m_C = 33$ кг,
 $m_E = 35$ кг,
 $OA = 19$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 1.1 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 23$ Н,
 $M_{fr} = [47, 48, 49, 51]$

Задача L-17.17.

2

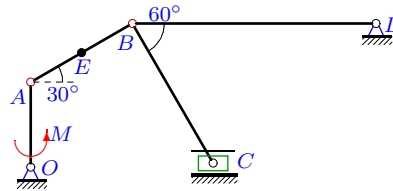


$m_A = 31$ кг,
 $m_B = 32$ кг,
 $m_C = 34$ кг,
 $m_E = 34$ кг,
 $OA = 28$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 27$ Н,
 $M_{fr} = [50, 51, 52, 54]$

Задача L-17.18.

2

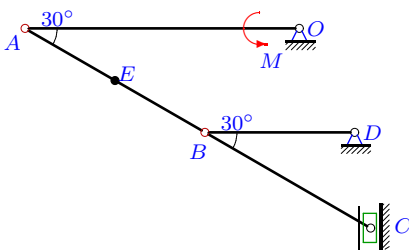


$m_A = 29$ кг,
 $m_B = 33$ кг,
 $m_C = 30$ кг,
 $m_E = 32$ кг,
 $OA = 29$ см,
 $DB = 83$ см,
 $AB = 40$ см,
 $BC = 55$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 35$ Н,
 $M_{fr} = [56, 57, 58, 60]$

Задача L-17.19.

2

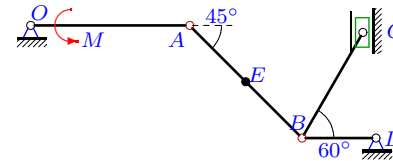


$m_A = 1$ кг,
 $m_B = 2$ кг,
 $m_C = 2$ кг,
 $m_E = 5$ кг,
 $OA = 33$ см,
 $DB = 18$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 29$ Н,
 $M_{fr} = [22, 23, 24, 26]$

Задача L-17.20.

2

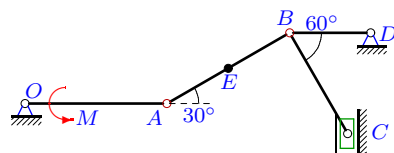


$m_A = 8$ кг,
 $m_B = 11$ кг,
 $m_C = 9$ кг,
 $m_E = 10$ кг,
 $OA = 30$ см,
 $DB = 14$ см,
 $AB = 30$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 40$ Н,
 $M_{fr} = [40, 41, 42, 44]$

Задача L-17.21.

2

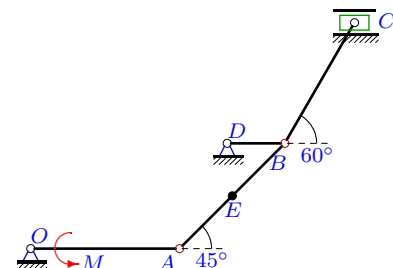


$m_A = 21$ кг,
 $m_B = 24$ кг,
 $m_C = 22$ кг,
 $m_E = 24$ кг,
 $OA = 28$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 28$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 17$ Н,
 $M_{fr} = [30, 31, 32, 34]$

Задача L-17.22.

2

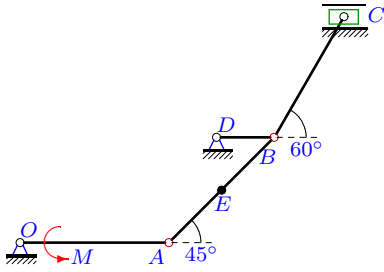


$m_A = 4$ кг,
 $m_B = 7$ кг,
 $m_C = 7$ кг,
 $m_E = 5$ кг,
 $OA = 31$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 31$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 35$ Н,
 $M_{fr} = [31, 32, 33, 35]$

Задача L-17.23.

2

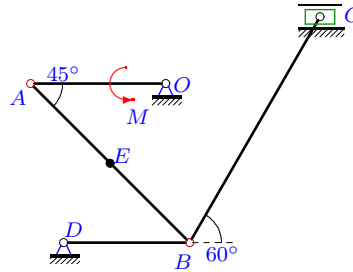


$m_A = 14$ кг,
 $m_B = 17$ кг,
 $m_C = 17$ кг,
 $m_E = 15$ кг,
 $OA = 31$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 31$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 36$ Н,
 $M_{fr} = [42, 43, 44, 46]$

Задача L-17.24.

2

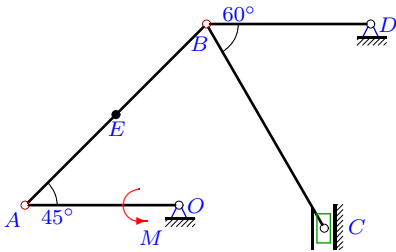


$m_A = 15$ кг,
 $m_B = 16$ кг,
 $m_C = 18$ кг,
 $m_E = 17$ кг,
 $OA = 15$ см,
 $DB = 14$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 1.3 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 27$ Н,
 $M_{fr} = [34, 35, 36, 38]$

Задача L-17.25.

2

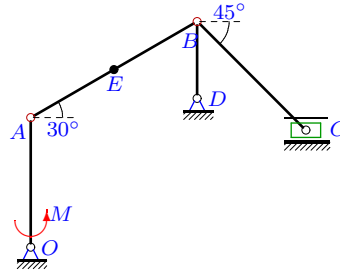


$m_A = 2$ кг,
 $m_B = 3$ кг,
 $m_C = 3$ кг,
 $m_E = 5$ кг,
 $OA = 15$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 23$ см.

$\omega_{OA} = 1.3 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 22$ Н,
 $M_{fr} = [16, 17, 18, 20]$

Задача L-17.26.

2

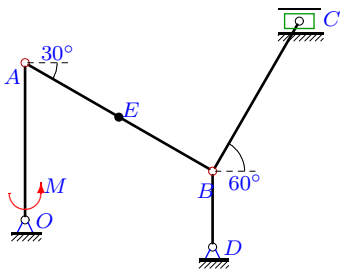


$m_A = 21$ кг,
 $m_B = 25$ кг,
 $m_C = 25$ кг,
 $m_E = 24$ кг,
 $OA = 27$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 40$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 11$ Н,
 $M_{fr} = [24, 25, 26, 28]$

Задача L-17.27.

2

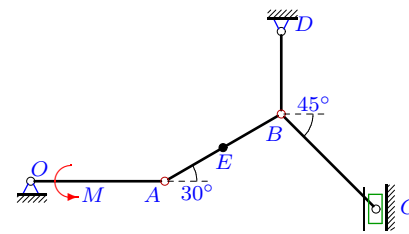


$m_A = 1$ кг,
 $m_B = 5$ кг,
 $m_C = 5$ кг,
 $m_E = 3$ кг,
 $OA = 29$ см,
 $DB = 14$ см,
 $AB = 40$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 33$ Н,
 $M_{fr} = [26, 27, 28, 30]$

Задача L-17.28.

2

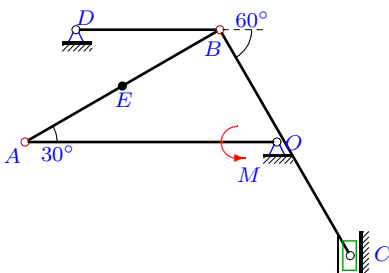


$m_A = 8$ кг,
 $m_B = 11$ кг,
 $m_C = 10$ кг,
 $m_E = 11$ кг,
 $OA = 26$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 26$ см,
 $BC = 26$ см.

$\omega_{OA} = 0.8 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 16$ Н,
 $M_{fr} = [16, 17, 18, 20]$

Задача L-17.29.

2

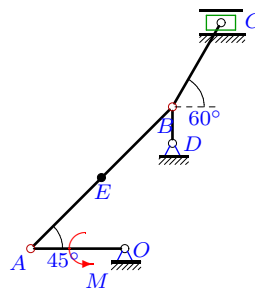


$m_A = 7$ кг,
 $m_B = 8$ кг,
 $m_C = 10$ кг,
 $m_E = 10$ кг,
 $OA = 28$ см,
 $DB = 16$ см,
 $AB = 25$ см,
 $BC = 29$ см.

$\omega_{OA} = 0.7 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 40$ Н,
 $M_{fr} = [39, 40, 41, 43]$

Задача L-17.30.

2



$m_A = 23$ кг,
 $m_B = 24$ кг,
 $m_C = 27$ кг,
 $m_E = 24$ кг,
 $OA = 31$ см,
 $DB = 12$ см,
 $AB = 66$ см,
 $BC = 32$ см.

$\omega_{OA} = 0.6 \frac{1}{c}$, $F_{fr} = 34$ Н,
 $M_{fr} = [49, 50, 51, 53]$

№	v_A	v_B	v_C	v_E	a_A	a_B	a_C	a_E	M	$\mu(M)$	$D(M)$
1	0.192	0.192	0.192	0.192	0.115	0.224	0.115	0.166	-273.986	-280.375	7.793
2	0.208	0.208	0.208	0.208	0.166	0.413	0.113	0.155	47.725	41.154	8.245
3	0.186	0.186	0.322	0.186	0.112	0.208	1.007	0.157	187.530	181.269	7.485
4	0.186	0.186	0.322	0.186	0.112	0.493	1.608	0.219	297.717	289.476	12.969
5	0.192	0.192	0.192	0.136	0.115	0.809	0.842	0.458	344.663	336.229	13.579
6	0.192	0.192	0.192	0.192	0.115	0.258	0.020	0.182	268.414	261.514	9.090
7	0.196	0.196	0.113	0.196	0.137	0.337	0.032	0.235	190.244	182.577	11.222
8	0.208	0.120	0.120	0.120	0.166	0.373	0.601	0.267	77.376	72.199	5.117
9	0.192	0.192	0.192	0.192	0.115	0.380	0.115	0.166	-57.936	-64.325	7.793
10	0.192	0.192	0.192	0.136	0.115	0.752	1.293	0.430	295.802	288.245	10.904
11	0.210	0.210	0.210	0.148	0.147	0.516	0.482	0.331	-52.283	-55.435	1.897
12	0.210	0.210	0.121	0.148	0.147	0.416	0.692	0.251	306.484	298.434	12.372
13	0.203	0.203	0.352	0.203	0.142	0.395	0.682	0.255	57.833	50.769	9.528
14	0.210	0.210	0.121	0.210	0.147	0.264	0.450	0.202	88.950	82.817	7.182
15	0.210	0.210	0.210	0.148	0.147	0.396	0.065	0.236	220.658	212.608	12.372
16	0.209	0.209	0.209	0.209	0.230	0.283	0.232	0.254	-129.793	-134.825	4.833
17	0.196	0.196	0.196	0.196	0.137	0.696	0.792	0.331	-220.278	-226.603	7.638
18	0.203	0.352	0.609	0.203	0.142	1.233	0.471	0.687	-76.950	-80.642	2.602
19	0.198	0.198	0.198	0.198	0.119	0.277	0.206	0.189	50.745	44.228	8.108
20	0.210	0.210	0.210	0.210	0.147	0.559	0.644	0.246	266.076	258.847	9.976
21	0.196	0.196	0.196	0.196	0.137	0.696	0.792	0.331	336.752	330.427	7.638
22	0.186	0.186	0.322	0.186	0.112	0.338	0.937	0.219	189.867	181.625	12.969
23	0.186	0.186	0.322	0.186	0.112	0.338	0.937	0.219	316.846	308.605	12.969
24	0.195	0.195	0.338	0.195	0.253	0.591	2.230	0.263	27.456	22.692	4.334
25	0.195	0.195	0.195	0.195	0.253	0.238	0.121	0.246	22.962	18.506	3.791
26	0.189	0.189	0.189	0.189	0.132	0.229	0.276	0.180	75.834	69.653	7.295
27	0.203	0.203	0.203	0.203	0.142	0.307	0.598	0.223	102.745	95.681	9.528
28	0.208	0.120	0.120	0.120	0.166	0.483	0.722	0.324	58.806	54.348	3.794
29	0.196	0.196	0.196	0.196	0.137	0.696	0.792	0.331	28.715	22.390	7.638
30	0.186	0.186	0.186	0.132	0.112	0.383	0.248	0.232	94.080	85.838	12.969

L-17 файл o17L2A

N°	ω_{BD}	ω_{BC}	ε_{AB}	ε_{BC}	ε_{BD}	N_p	N_a	N_{fr}	N_M
1	1.067	0.000	0.507	-1.259	-0.498	237.324	0.140	-3.072	-70.000
2	-1.486	-1.131	1.372	0.213	1.961	69.376	3.824	-3.952	-107.429
3	1.033	-1.283	-0.368	-2.294	-0.448	-67.512	-3.917	-5.155	-35.933
4	-1.550	-1.617	-1.824	8.008	3.333	-100.356	11.480	-8.054	-81.700
5	1.600	1.044	2.078	-5.161	-6.235	-89.467	6.758	-7.488	-116.600
6	1.200	0.849	-0.407	0.211	-0.720	-65.923	1.283	-4.608	-91.800
7	1.633	0.870	0.704	-0.907	-0.880	-14.431	0.347	-4.753	-114.333
8	-1.001	0.531	-0.041	-1.843	2.943	-18.449	0.847	-2.882	-41.417
9	-1.067	0.000	-1.810	0.999	-1.778	105.477	-1.622	-5.760	-63.333
10	1.371	-0.849	-1.884	-3.833	5.031	-23.544	-14.171	-7.680	-132.086
11	0.259	-0.000	-0.744	0.273	0.634	104.035	-4.898	-8.820	-53.719
12	-1.750	0.758	-0.752	-1.036	1.627	-99.938	4.065	-3.516	-115.150
13	1.450	1.765	1.218	3.104	-1.884	83.640	-2.207	-14.416	-107.500
14	1.167	-0.933	0.462	0.067	0.544	14.273	0.263	-4.001	-72.800
15	1.750	0.000	0.766	-1.463	1.230	-67.983	-0.167	-5.460	-80.850
16	1.306	0.000	-0.345	-1.371	0.467	272.689	-2.390	-4.807	-122.719
17	-1.225	0.000	3.018	0.956	4.084	251.882	11.555	-5.292	-103.950
18	0.424	1.279	-2.529	1.620	1.475	169.014	-26.416	-21.315	-67.417
19	1.100	0.000	0.792	-1.894	-0.953	19.424	0.071	-5.742	-44.200
20	-1.500	0.000	2.178	1.581	-3.300	-78.284	-2.769	-8.400	-96.800
21	-1.225	-0.000	-2.695	-1.205	4.084	-174.971	8.027	-3.332	-65.450
22	1.550	-1.283	0.806	1.631	1.472	-29.195	1.800	-11.276	-75.250
23	1.550	-1.283	0.806	1.631	1.472	-83.934	4.324	-11.598	-98.900
24	-1.393	1.345	-2.970	6.754	-3.751	91.822	-16.066	-9.119	-102.329
25	1.219	0.000	0.090	-1.193	-0.099	24.868	-0.054	-4.290	-50.375
26	1.181	0.000	-0.263	0.987	-0.328	0.000	1.670	-2.079	-52.675
27	1.450	0.000	-0.440	1.840	0.628	0.000	-0.723	-6.699	-64.500
28	0.751	-0.653	0.893	3.008	-2.966	-15.766	1.654	-1.921	-31.011
29	-1.225	0.000	3.018	0.956	4.084	67.297	3.218	-7.840	-82.775
30	1.550	0.000	-0.459	1.802	-2.097	63.863	-0.037	-6.324	-113.950