

Задача 9

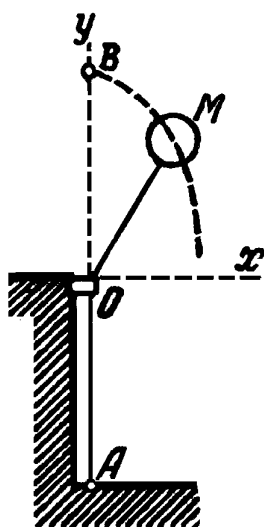
(Задача 27.55. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

Упругая нить, закрепленная в точке A , проходит через неподвижное гладкое кольцо O ; к свободному концу ее прикреплен шарик M , масса которого равна m . Длина невытянутой нити $l=AO$; для удлинения нити на l м нужно приложить силу $k^2 \cdot m$. Вытянув нить по прямой AB так, что ее длина увеличилась вдвое, сообщили шарика скорость v_0 , перпендикулярную прямой AB . Определить траекторию шарика, пренебрегая действием силы тяжести и считая натяжение нити пропорциональным ее удлинению.

При моделировании в EULER необходимо найти координату x центра шарика в тот момент, когда координата $y = y_1$.

Для решения использовать следующие значения параметров:

$$m = 2 \text{ кг}, l = 1 \text{ м}, k = 2 \text{ 1/с}, v_0 = 1 \text{ м/с}, y_1 = 0.5 \text{ м}.$$



Точный теоретический ответ

Координата x центра масс шарика определяется по формуле

$$x = \frac{v_0}{k} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{y_1^2}{l^2}\right)}$$

Решение задачи в EULER



Система состоит из двух звеньев.

- Инерциальное звено (body1). Звено в проекте не отображается..
- Шарик (body2). Звено отображается сферой solid1 и имеет массу m .

Упругая нить моделируется силовым элементом force1 типа «поступательная пружина с функцией силы» с функцией силы function1. Начальная скорость шарика задана с помощью объекта «условие состояния механизма» condition1. Для определения координат центра масс шарика используются датчики X и Y. Остановка расчета происходит с помощью события event1.

Для решения задачи используется команда command1 «расчет динамики движения» с временем интегрирования 1 [s] и заданным постоянным шагом.

Результаты моделирования

Относительное отличие решения задачи в EULER от теоретического в зависимости от шага численного интегрирования (использовался постоянный шаг интегрирования) представлено в следующей таблице.

Шаг интегрирования [s]	Относительное отличие от теоретического решения X_delta_rel [-]
0.1	0.000 002 2
0.01	0.000 000 17
0.001	0.000 000 96

Текст проекта в EULER

```

scalar m=2 [ kg ];
scalar l=1 [ m ];
scalar k=2 [ 1/ s ];
scalar v0=1 [ m/ s ];
scalar y1=0.5 [ m ];
point point1=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
point point2=point( 0 [ m ], l, 0 [ m ] );
body body1=body( color = RGB( 229, 229, 229 ) );
set ground = body1;
body body2=body( color = RGB( 255, 153, 153 ) );
solid solid1=sphere( point2, 0.05 [ m ], mass = m );
body body2 < ( solid1 );
function function1(x [ m ])=k*k*m*#x;
force force1=springForce( body1, point1, body2, point2, function1, typeS = distance: );
condition condition1=transVelocity( body1, projectX, body2, point2, v0 );
sensor X=bodyDisplacement( body1, point1, projectX, body2, point2 );
sensor Y=bodyDisplacement( body1, point1, projectY, body2, point2 );
event event1=reformsBySensor( list( stop( ) ), Y, y1 );
sensor X_theoretical=v0/ k*sqrt( 1 - y1*y1/l/l );
sensor X_delta_rel=abs((X-X_theoretical)/X_theoretical);
command command1=constRK4( 1.00000e+000 [ s ], 1.00000e-002 [ s ] );

```

Λ//

Λ Список главных команд;
set dynamics = command1;

Λ//

Λ Единицы измерения;
set units = SI;