

Задача 9-3 Ходьба человека

Ходьба человека — физиологический процесс перемещения тела в пространстве, при котором опора на одну ногу циклично сменяется опорой на другую. Одним из способов изучения этого сложного процесса является регистрация силы, действующей на поверхность при передвижении человека. Для этого используется «силовая платформа» - беговая дорожка с датчиками, позволяющими регистрировать результирующую силу давления на поверхность.

На рис. 1. представлен график зависимости удельной (отнесенной к весу неподвижного человека) нормальной силы реакции опоры, оказываемой одной ногой идущего человека.



Рис. 1. (Источник – Википедия)

Первый «горб» соответствует интервалу времени, когда человек касается поверхности пяткой, второй максимум — процесс отталкивания носком стопы. Между ними находится минимум, соответствующий полному касанию поверхности стопой. Обратите внимание, что одна нога касается поверхности в течение 60% цикла. Т. е. существуют промежутки времени, когда человек касается поверхности обеими ногами.

На рис. 2. приведена зависимость силы, направленной вдоль поверхности (по направлению движения человека). Эта сила равна силе трения, действующей на стопу человека. Минимум в начале цикла соответствует торможению при касании пяткой. Максимум — отталкиванию носком.

Передне-задняя составляющая реакции опоры = силе трения

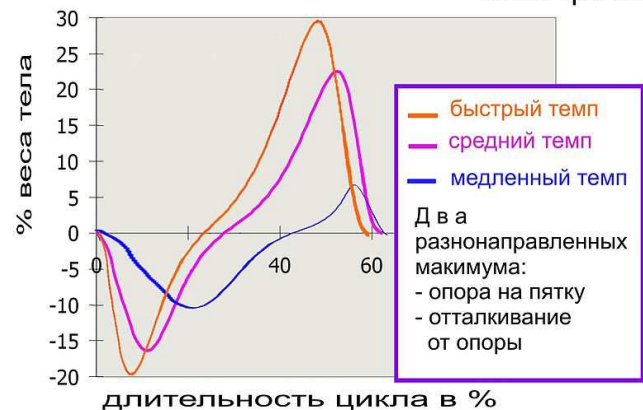


Рис. 2. (Источник – Википедия)

Безусловно, такие графики очень сложно анализировать без помощи вычислительной техники. Поэтому мы предлагаем Вам изучить более простые зависимости, которые позволят количественно проанализировать процесс ходьбы.

Рассмотрите показания датчиков при ходьбе человека со средней скоростью $v_0 = 1,0 \text{ м/с}$, делающего ровно два шага в секунду, т. е. длительность цикла ходьбы составляет ровно 1 секунду.

Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2 .

Часть 1. Продольная составляющая силы реакции.

На бланке представлен график зависимости удельной продольной силы реакции опоры (силы трения), действующий на одну ногу человека.

1.1 Учитывая, что некоторое время человек касается опоры двумя ногами, нарисуйте график зависимости горизонтальной составляющей ускорения центра масс человека в течение цикла ходьбы (1 секунда).

1.2 Нарисуйте график зависимости мгновенной горизонтальной скорости движения центра масс человека в течение цикла. Помните, что человек движется со средней скоростью $v_0 = 1,0 \text{ м/с}$, т. е. скорость в конце каждого цикла такая же как и в начале.

1.3 Определите значение горизонтальной скорости в начале цикла ($t = 0 \text{ с}$). Чему равна минимальная и максимальная горизонтальная скорость движения центра масс?

Часть 2. Нормальная составляющая силы реакции.

На бланке представлен график зависимости удельной нормальной силы реакции опоры (силы трения), действующей на одну ногу человека.

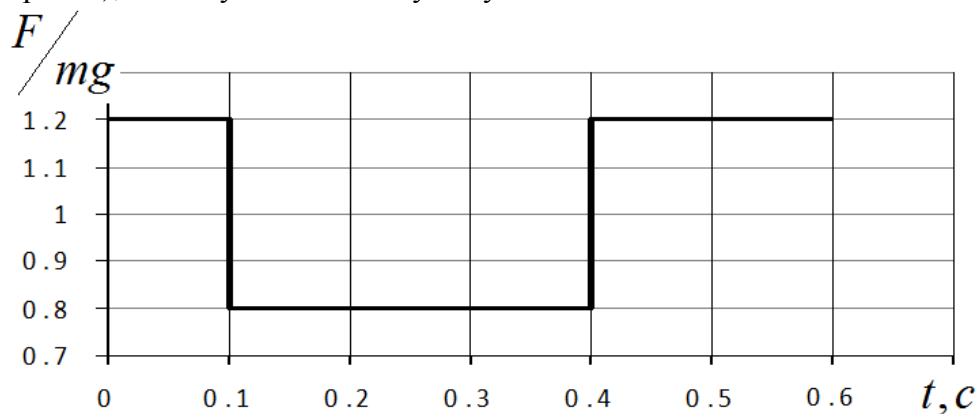


Рис. 4.

2.1 Нарисуйте график зависимости вертикальной составляющей ускорения центра масс человека в течение цикла ходьбы.

2.2 Нарисуйте график зависимости мгновенной вертикальной скорости движения центра масс человека в течение цикла.

2.3 Определите значение вертикальной скорости в начале цикла. Чему равна минимальная и максимальная вертикальная составляющая скорости центра масс человека?

Часть 3. Превращение энергии.

Пусть масса человека равна $m = 80 \text{ кг}$

3.1 Постройте приблизительный график зависимости кинетической энергии центра масс человека от времени в течении одного цикла.

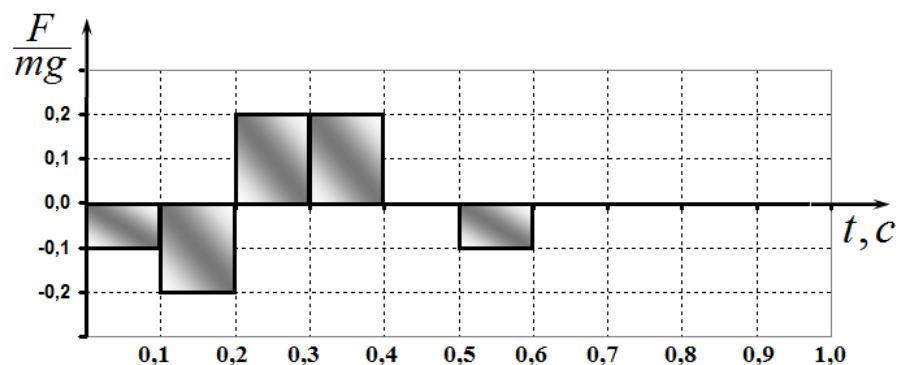
3.2 В каких пределах изменяется кинетическая энергия в процессе ходьбы?

3.3 Постройте приблизительный график потенциальной энергии человека от времени в течение одного цикла. Примите потенциальную энергию в начальный момент равной 0.

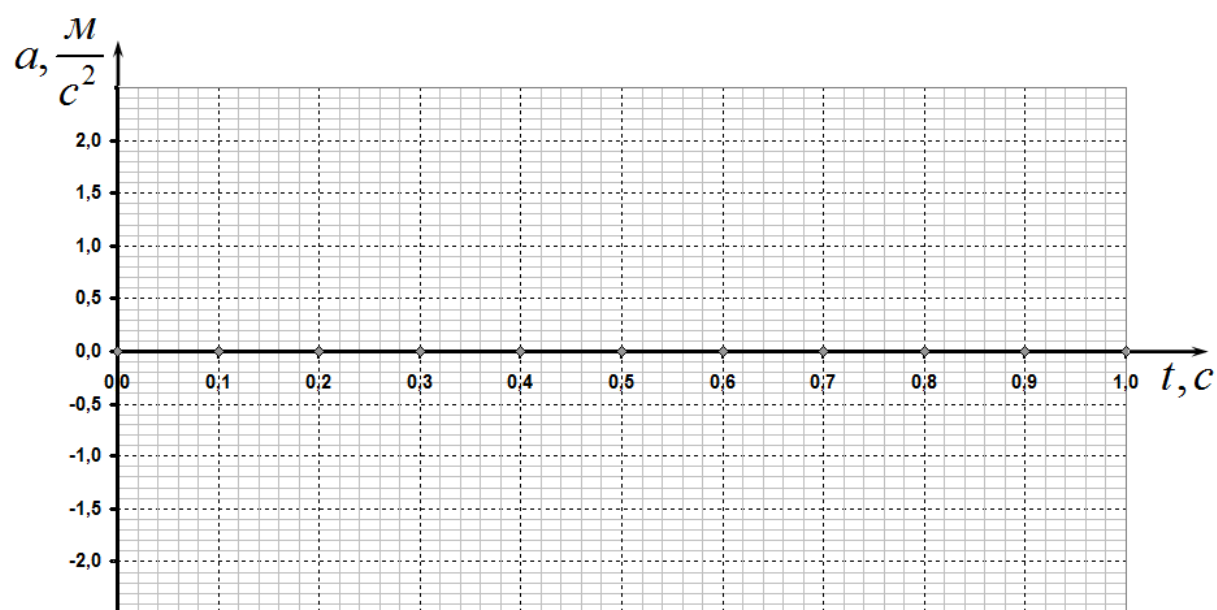
3.4 В каких пределах изменяется потенциальная энергия человека в цикле ходьбы?

Горизонтальное смещение центра масс

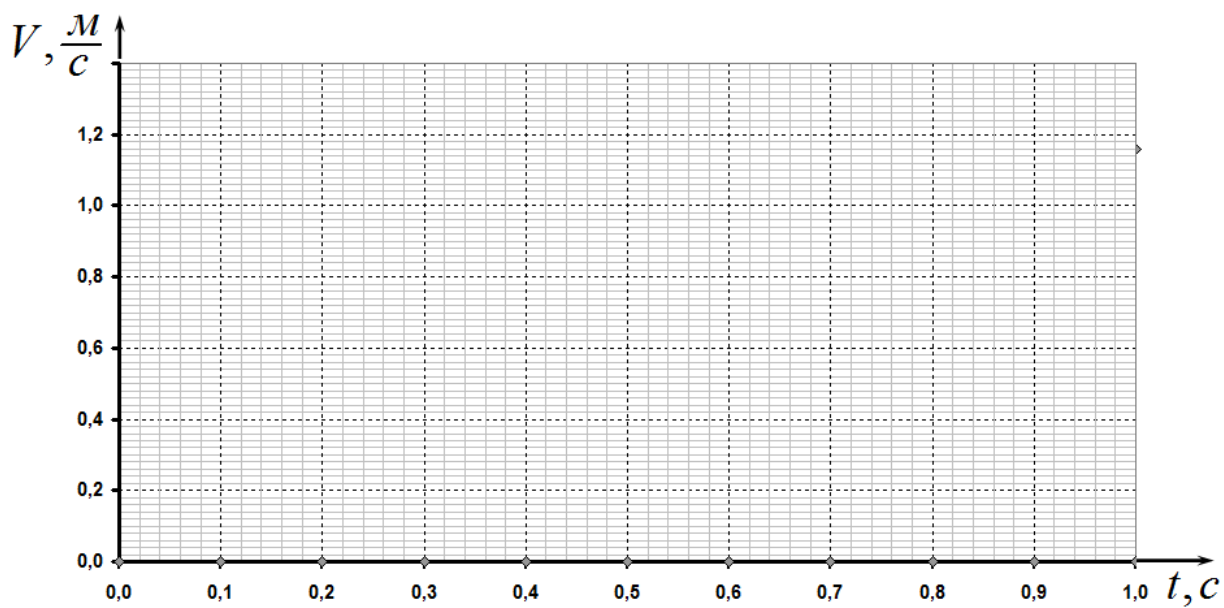
1. Зависимость горизонтальной составляющей силы, с которой одна нога действует на опору, от времени.



2. Зависимость горизонтальной составляющей ускорения центра масс человека от времени.

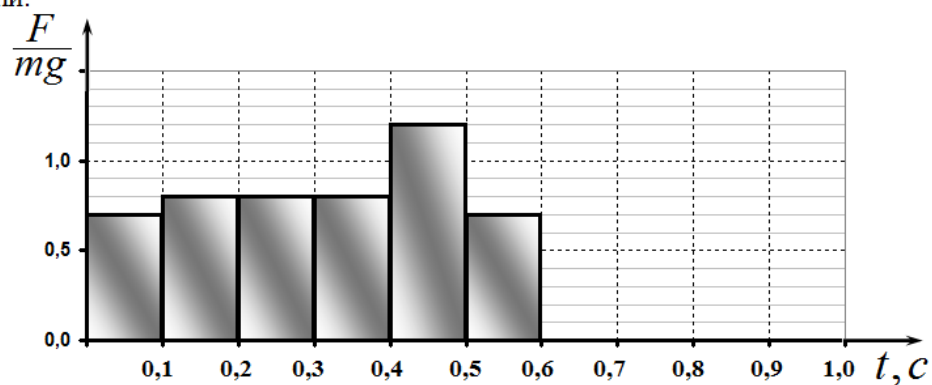


3. Зависимость горизонтальной составляющей скорости центра масс человека от времени.

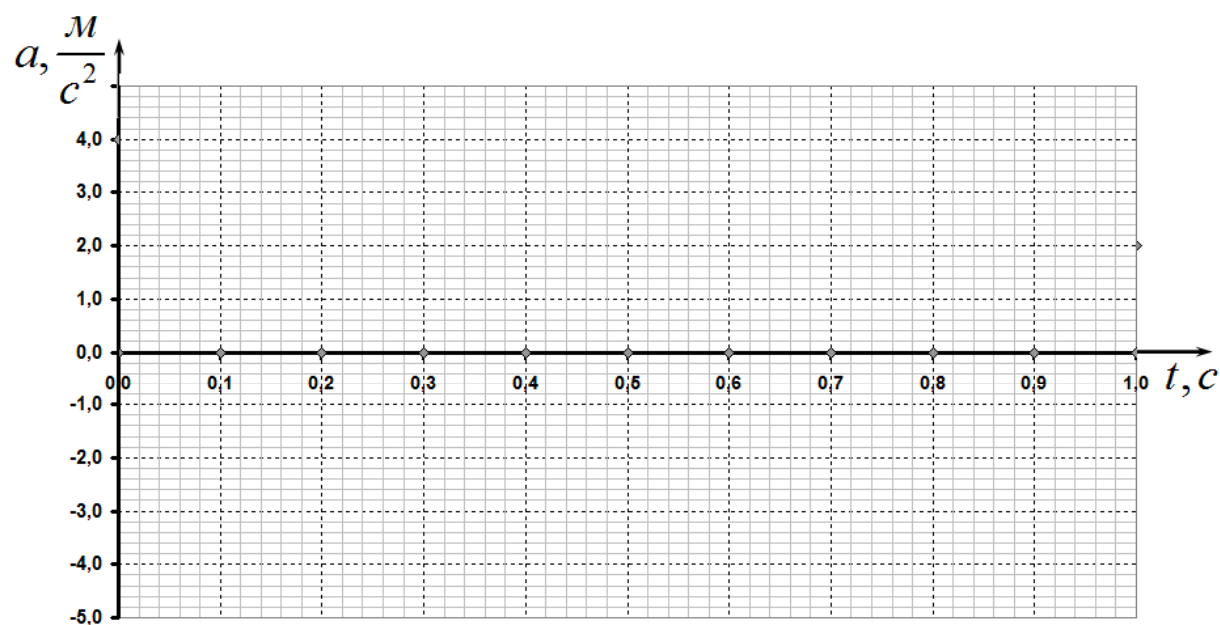


Вертикальное смещение центра масс

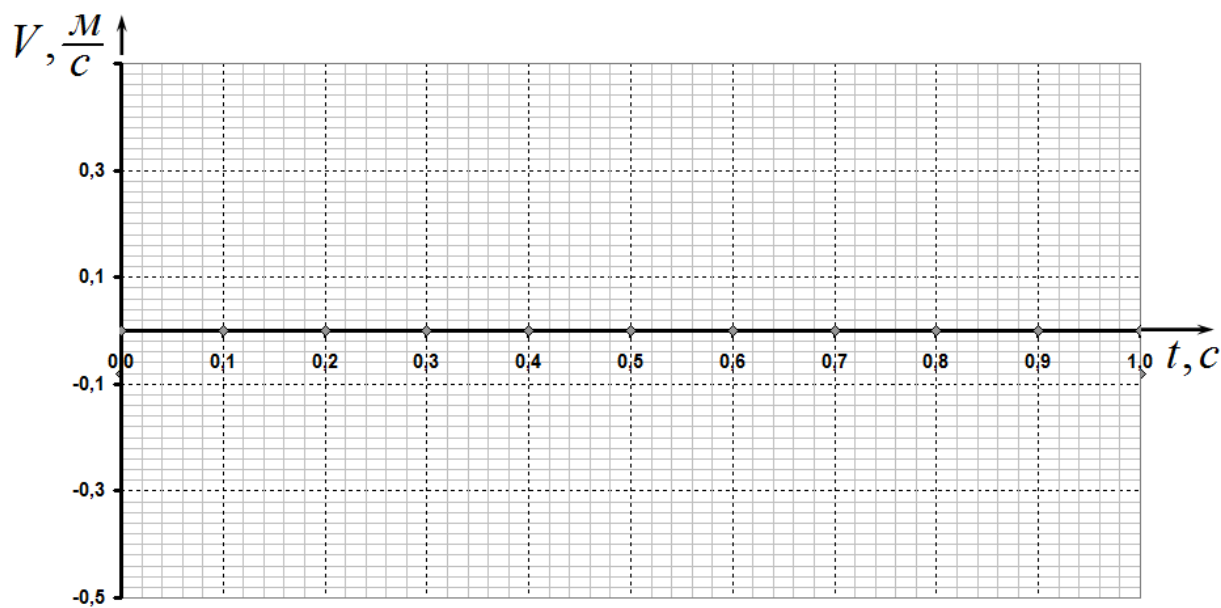
1. Зависимость вертикальной силы, с которой одна нога действует на опору, от времени.



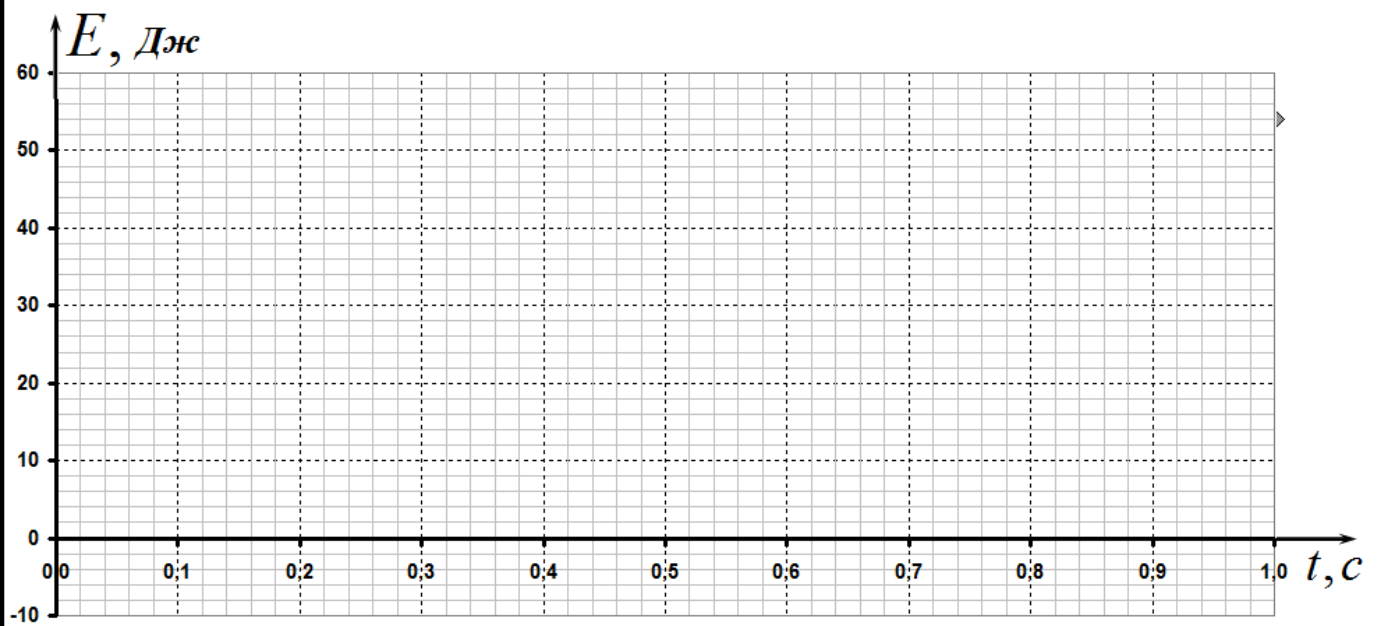
2. Зависимость вертикальной составляющей ускорения центра масс человека от времени.



3. Зависимость вертикальной составляющей скорости центра масс человека от времени.



Зависимость кинетической энергии от времени



Зависимость потенциальной энергии от времени

