

Исследовательское задание

Интернет-проект «Удивительный мир физики»
2015/2016 учебного года 2 тур, апрель 2016 г.
возрастная категория «10 класс»
Игровой номер 16f1033

Экспериментально определите зависимость частоты колебаний пластиковой бутылки, наполненной водой, от объема воды в ней.

Оборудование и материалы:

Емкость для воды (стакан от фильтра воды 3л, ведра емкостью 8 и 10 л), мерный стакан, весы и набор гирь, секундомер, измерительная лента, вода.



Изучая физику, мы рассматривали два вида механических колебательных систем:

математический и пружинный маятники, но можно найти в окружающей действительности массу тел, которые можно представить как механическую колебательную систему. Исходя из поставленной цели исследования, мы поставили перед нашей

группой следующие задачи:

1. провести анализ возможного колебательного движения пластиковой бутылки при изменении её массы и формы;
2. определить параметры, которые будут влиять на частоту и период колебаний;
3. провести эксперимент по определению зависимости частоты колебаний пластиковой бутылки, наполненной водой, от объема воды в ней анализ колебательного движения пластиковой бутылки;
4. провести сравнительный анализ результатов эксперимента и расчетных значений

Изучение колебательного движения

Колебания математического и пружинного маятника являются гармоническими, т.е. происходят по законам синуса или косинуса. Уравнение ускорения для колебательного движения определяется: $a = -\omega_0^2 x$ (1)

где ω_0 – собственная циклическая частота колебаний, x - координата смещения

Проведя анализ колебательного движения, можно получить зависимость возвращающей силы от величины смещения:

$$F = ma = -m \frac{g}{l} x \rightarrow a = -\frac{g}{l} x \text{ - для математического маятника} \quad (2)$$

Исследовательское задание

$$F = ma = -kx \rightarrow a = -\frac{k}{m}x \text{ - для пружинного маятника} \quad (3)$$

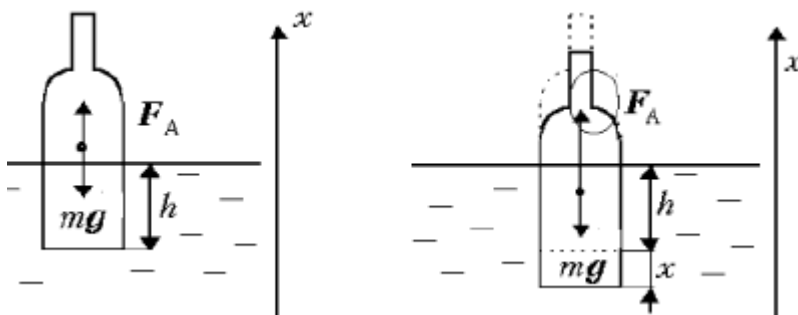
где m – масса колеблющегося тела, a – его ускорение, g – ускорение свободного падения, l – длина маятника, x – смещение тела от положения равновесия, k – коэффициент жесткости пружины.

При совмещении полученных уравнений можно определить параметры, от которых зависит период и частота колебаний так как у любых гармонических механических колебаний возвращающая сила прямо пропорциональна величине смещения колеблющегося тела от положения равновесия.

Анализ колебательного движения бутылки

Проведем анализ колебаний бутылки на поверхности воды, и определим от чего зависит частота собственных колебаний бутылки.

На левом рисунке бутылка в равновесии. Глубина ее погружения h и на неё действуют силы тяжести и Архимеда (выталкивающая). На правом рисунке – бутылку в «притопленном» на глубину x положении, а так же силы. Составим уравнения сил действующих на тело



В начальном (равновесном) положении:

$$mg - F_a = 0 \rightarrow mg = F_a \quad (4)$$

В «притопленном» положении на бутылку действует такая же сила тяжести и возросшая архимедова сила F_A' , т.к. увеличился объем погруженной части бутылки. Равнодействующая этих сил не равна нулю и направлена вверх. Следовательно:

$$mg - F_a = ma \rightarrow ma = F_a' - F_a \quad (5)$$

Выразим величины сил F_A и F_A' через объем погруженной части бутылки. Так как она имеет форму цилиндра с основанием S , то в равновесном состоянии объем погруженной части $V = Sh$, а в «притопленном» $V' = S(h + x)$. Соответственно силы равны:

$$F_a = \rho g V_{n.c.} = \rho g Sh \quad F_a' = \rho g V'_{n.c.} = \rho g S(h + x) \quad (6)$$

После подстановки этих выражений (6) в формулу (5), получим:

Исследовательское задание

$$ma = \rho g S(h + x) - \rho g Sh = \rho g Sx$$

При расчете объема мы учитывали x . Поскольку направление дополнительного погружения бутылки противоположно направлению действия равнодействующей силы, запишем:

$$ma = -\rho g Sx \rightarrow a = -\frac{\rho g S}{m}x = -\omega^2 x \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{\rho g S}{m}} \rightarrow \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g S}{m}}$$

Мы получили что частота колебаний бутылки будет зависеть от плотности жидкости (для воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$), ускорения свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$), массы бутылки и её содержания, и площади поперечного сечения бутылки с учетом того, что легко измерить длину окружности, то провели это измерение .

Проведение эксперимента

1. Измерили длину окружности бутылки $V = 0,1 \text{ л} \rightarrow l = 20 \text{ см}$

$$S = \pi r^2, l = 2\pi r \rightarrow r = \frac{l}{2\pi} \rightarrow S = \frac{l^2}{4\pi}$$

2. Провели расчет частоты колебаний бутылки в зависимости от массы:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g l^2}{4\pi m}}$$

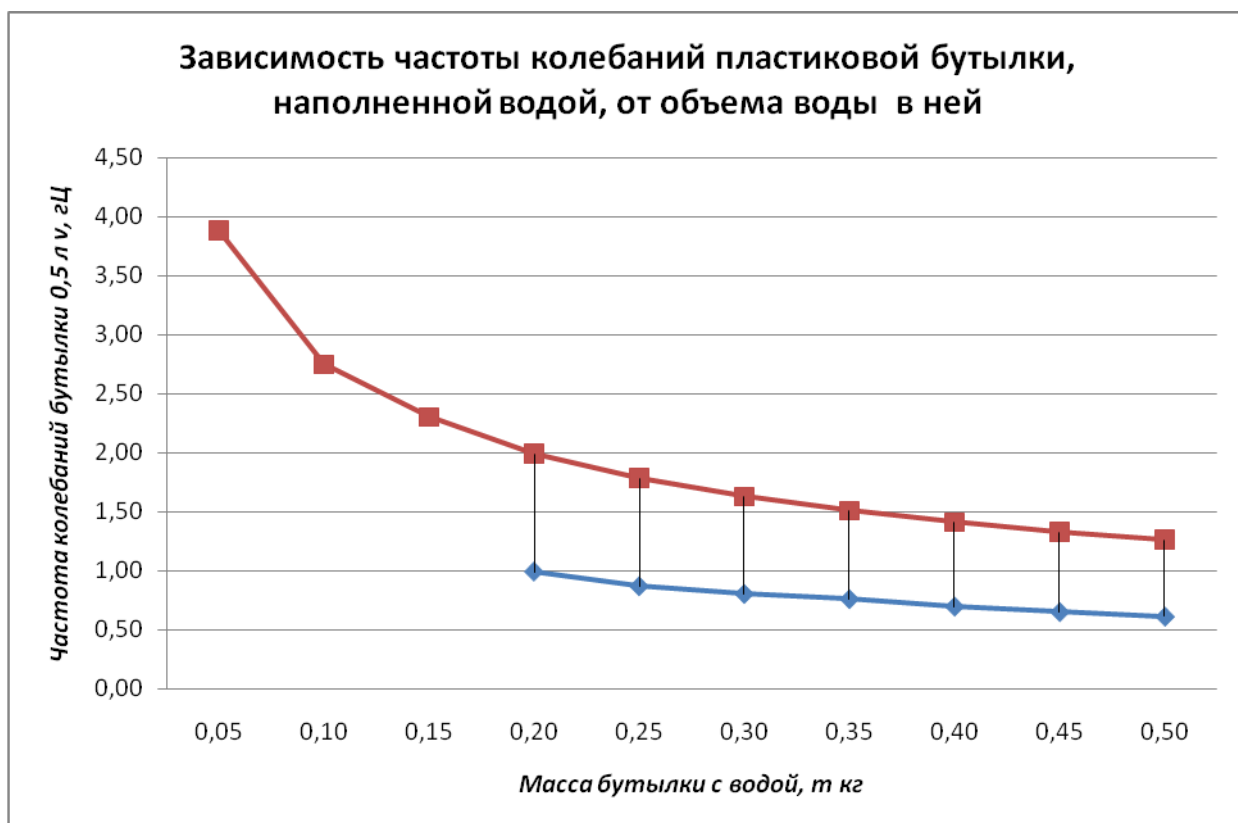
Результаты расчетов в таблице

Объем воды	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Частота колебаний	3,88	2,74	2,30	1,99	1,78	1,62	1,50	1,41	1,33	1,26

3. Определили вес пластиковых бутылок: $V = 0,5 \text{ л} \rightarrow m = 20 \text{ г}$; $V = 1 \text{ л} \rightarrow m = 32 \text{ г}$; $V = 1,5 \text{ л} \rightarrow m = 40 \text{ г}$;
4. В бутылку наливаем воду и проводим эксперимент по наблюдению колебательного движения. Но бутылка с малым количеством воды ложатся в воду практически горизонтально, пробкой вниз, и так как площадь контакта с водой большая, то колебания практически отсутствуют, поэтому эксперимент начали с довольно большого количества вола и для противовеса в бутылку положили грузик массой 20 грамм. Результаты эксперимента в таблице

Исследовательское задание

Масса воды в бутылке, т, кг	Общая масса бутылки	Параметры колебаний									Среднее значение частоты колебаний	Рассчитанная частота колебаний
		Количество колебаний, N	Время колебаний, t с	Частота колебаний, v Гц	Количество колебаний, N	Время колебаний, t с	Частота колебаний, v Гц	Количество колебаний, N	Время колебаний, t с	Частота колебаний, v Гц		
0,05	0,09	Эксперимент не удался										3,88
0,10	0,14											2,74
0,15	0,19											2,30
0,20	0,24	5	5,05	0,99	8	8,10	0,99	10	10,12	0,99	0,99	1,99
0,25	0,29	5	5,72	0,87	8	9,11	0,88	10	11,80	0,85	0,87	1,78
0,30	0,34	5	6,23	0,80	8	9,86	0,81	10	12,60	0,79	0,80	1,62
0,35	0,39	5	6,54	0,76	8	10,67	0,75	10	13,10	0,76	0,76	1,50
0,40	0,44	5	7,04	0,71	8	11,83	0,68	10	14,20	0,70	0,70	1,41
0,45	0,49	5	7,60	0,66	8	12,00	0,67	10	15,92	0,63	0,65	1,33
0,50	0,54	5	8,10	0,62	8	13,10	0,61	10	16,43	0,61	0,61	1,26



Выводы:

1. пластиковая бутылка, наполненная водой, может совершать колебательные движения
2. частота колебаний с увеличением объема воды в ней уменьшается;

Исследовательское задание

3. когда бутылка заполняется полностью, она тонет;
4. чтобы колебания бутылки были гармоническими, нужно наполнить водой бутылку на объем почти половину. так как в противном случае бутылка будет в неустойчивом состоянии и будет ложиться горизонтально колебаний быстро затухают;
5. В эксперименте частота оказалась значительно меньше чем расчетная, сначала мы удивились, но проанализировав формулу $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g l^2}{4\pi m}}$ и посмотрев на бутылку внимательно мы поняли причину этого:
6. Пробка бутылки это самое тяжелое место в бутылке. Поэтому она переворачивалась пробкой вниз, а следовательно площадь дна бутылки нужно было рассчитывать другим образом для тел обтекаемой формы, оно оказывает меньше сопротивление движению.

