

2. Измерения времени

Этой теме также посвящено несколько занятий. Каждое занятие начинаем с подробного отчёта, что каждый учащийся сделал дома. На первом занятии по этой теме проверяем последнее домашнее задание по теме **Линейные измерения**. Было задано провести косвенные измерения периметров, площадей и объёмов тел сложной формы с оценкой погрешностей. Выясняется, что для периметров погрешности найдены правильно, а для площадей и объёмов - нет.

Объясняем следующие простейшие и упрощённые правила вычисления погрешностей косвенных измерений.

Если $x = a + b$ либо $x = a - b$, то $\Delta x = \Delta a + \Delta b$.

Если $x = a * b$ либо $x = a / b$, то $E = \Delta x / x = \Delta a / a + \Delta b / b$; $\Delta x = E * x$.

Непосредственно по теме объясняем, что измерять отрезки времени значительно труднее, чем геометрические отрезки. В линейных измерениях надо сопоставить две точки отрезка двум точкам мерной линейки. Это можно делать медленно и обстоятельно, не внося заметных дополнительных погрешностей по сравнению с погрешностью градуировки линейки. При измерении же отрезка времени мы сопоставляем течение интересующего нас природного процесса с течением периодического механического процесса в часах (в секундомере). Это нельзя делать медленно и обстоятельно, не внося заметных дополнительных погрешностей по сравнению с погрешностью самого часового механизма. Становится особенно заметной роль точности реакции оператора, который должен вовремя нажать кнопку секундомера в начале и в конце измеряемого отрезка времени.

Объяснив это и поиграв с секундомером, сразу даём **домашнее задание**. В домашних условиях выбрать какой-то периодически повторяющийся процесс. Например, из крана капает вода. Вооружиться часами или секундомером. Измерить определённый отрезок времени. Повторить измерения несколько раз. Определить, с какой точностью удаётся выполнить это измерение.

Намечаем другие возможные процессы для испытаний точности. Например:

Секундная стрелка обычных часов проходит пятисекундный отрезок времени, конечно, за свои 5 секунд. Но будем отмечать этот отрезок времени на секундомере. Будет ли секундомер каждый раз показывать 5 секунд? Здесь как раз и выявится стабильность реакции оператора.

Возвращаемся к обсуждению проблем измерения отрезков времени. Выше была отмечена роль периодических процессов. Обращаем внимание на то, что биологическая часть жизни человека и природы тесно связана с такими периодическими процессами. Учащиеся уже знают о годовых и суточных циклах в природе. Дыхание и сердцебиение у человека в спокойном состоянии вполне периодичны. Правда, с изменением физического или душевного состояния периоды этих процессов изменяются. Но к этой периодичности можно привыкнуть и воспользоваться для измерения времени.

Обращаем внимание знатоков музыки на начало Скрипичного концерта Бетховена. Четыре удара литавр соло, а на них отвечают двумя аккордами смычковые. И ещё раз та

же самая фигура. Этот лейтмотив рисует биение взволнованного человеческого сердца. И музыканты могут выполнить это настолько точно, что дирижер здесь не нужен.

Высказываем предположение, что человек обладает некоторым ритмическим слухом, который позволяет ему по памяти воспроизводить ритм. Вот только какова точность такого слуха. Предлагаем провести несколько небольших исследований на эту тему. Сначала в классе, а затем дома.

Работа 1. Смотрим на стрелку секундомера и стараемся вместе с движением стрелки отсчитывать секунды: раз, два, три, четыре, пять. Может быть, так надо сделать несколько раз. Затем считаем вслух или про себя: раз, два, три, четыре, пять. Замечаем по секундомеру, не глядя на него, сколько времени занял счёт. Повторяем так несколько раз и получаем информацию о случайной величине, которую можно назвать **внутренний стандарт** маленького отрезка времени. Обрабатываем эту случайную величину по рецепту (1 - 3). Получается объективная характеристика конкретного человека. Её можно сравнить с характеристикой другого человека.

Во время тренировки в классе девочка Саша высказывает интереснейшее замечание: *Нельзя считать получаемый показатель объективным, если человек сам проверяет свою точность счёта. Во время проверки показаний секундомера человек получает возможность подкорректировать свою скорость счёта.*

Обращаем внимание учащихся на то, что умница Саша на конкретном примере заметила закономерность, которую естествознание осознало как общий закон только в двадцатых годах нынешнего века: **процесс измерения всегда влияет на свойства объекта, только это влияние может быть более или менее заметным.**

Предлагаем желающим развить эту работу дома и показать затем в классе результаты.

Приводим сразу некоторые результаты, полученные и доложенные учащимися на следующих занятиях. Эту работу проделали дома независимо трое учащихся. Вот наиболее интересное сообщение.

Илья в качестве испытуемых выбрал папу, маму и брата. В модификации Ильи методика обучения не предполагала счёт или что-то ещё, каждый испытуемый обучался воспроизводить интервал 5 с как-то по-своему. Регистрировалось по 6 попыток отмерить про себя этот интервал после обучения. Получилось для средних значений

П. $5,03 \pm 0,11$ с.

М. $5,1 \pm 0,13$ с.

Б. $4,6 \pm 0,4$ с.

Во время доклада пришлось оказать Илье помощь в использовании рецепта (1 - 3). Всё остальное, вплоть до выводов, он сделал самостоятельно. Из класса поступило несколько вопросов по методике эксперимента. Оказалось также, что не все довольны вот таким представлением материала, когда показаны только средние значения. А каковы были наименьшие отклонения от эталонного интервала в 5 с? А наибольшие отклонения? Автор ответил вполне достойно. Класс вместе с автором делает вывод, что двое взрослых не существенно отличаются по точности внутреннего ритмического слуха, а ребёнок от них достоверно отличается.

Вывод для коллег-преподавателей. Здесь начинающие физики впервые выполнили самостоятельное исследование с частичной модификацией его постановочной части. Впервые же они самостоятельно обсуждали полученные результаты на научной конференции. Интересно то, что председатель заседания не должен был инициировать выступления с мест и задавать стилистику вопросов и выступлений. Всё получается само собой. Значит, я могу позволить себе работать с детьми в 7 классе точно так же, как я работаю с аспирантами или с молодыми сотрудниками в своём исследовательском институте. Разница только в сложности выбираемых для исследования объектов и в объёме предварительно накопленных знаний. В 7 классе такие знания тоже есть. Не надо делать вид, что дети всё узнают только от меня.

Работа 2. Попробуем обойтись вовсе без секундомера и, тем не менее, оценить точность нашего внутреннего ритмического слуха. Попробуем также повлиять на эту точность. Тут нам пригодится факт, что внутренний ритм является неотъемлемой частью музыки. В наш музыкальный слух ритмический слух входит как одна из составляющих.

Выясняем, что дети знают мелодию немецкой песенки "Ах, мой милый Августин". Знают, что Свинопас прельстил Принцессу горшочком, который умел исполнять эту песенку.

Показываем детям старую студенческую шутку. Хором поём на этот мотив такие слова:

Сидит муха на стене,

на стене,

на стене.

Сидит муха на стене,

на стене,

спит.

Тут же повторяем всё, как и полагается в немецких песенках, ещё раз. Но, в отличие от первого раза, все слова поём про себя, за исключением последнего СПИТ!

Дети понимают, что на случайного прохожего это может произвести сильное впечатление, когда группа молчит-молчит, да и рывкнет разом – "СПИТ!".

Репетируем такое исполнение музыкальной шутки несколько раз под управлением дирижера. В результате "СПИТ!" получается очень качественно. Тем самым мы прошли период обучения, вошли в музыкальный ритм, как-то его запомнили.

Теперь предлагаем спеть всю шутку без дирижера. Видим, что "СПИТ!" недопустимо рассыпается. Этим наглядно продемонстрировали сами себе, что в течение пения про себя у каждого срабатывает свой внутренний ритмический слух со своей индивидуальной точностью.

Предлагаем снова спеть всю шутку без дирижера, но пусть во время пения и вслух, и про себя каждый помогает себе, дирижируя пальчиком. Таких мелких движений никто посторонний не увидит, но они помогут запуску механизмов внутреннего ритмического слуха. Поём и обнаруживаем, что "СПИТ!" не рассыпалось.

На основе этой работы делаем предположение, что включение нескольких механизмов внутренней ритмической памяти даёт большую точность слуха, чем опора на один механизм. Предлагаем дома провести самостоятельное исследование, посвященное точности ритмического слуха. План исследования такой.

1. Поём про себя музыкальный отрывок. Замечаем продолжительность отрывка по секундомеру. Повторяем это несколько раз. Определяем среднее и погрешность среднего.
2. Поём вслух тот же музыкальный отрывок. Замечаем продолжительность отрывка по секундомеру. Повторяем это несколько раз. Определяем среднее и погрешность среднего.
3. Поём вслух тот же музыкальный отрывок и помогаем себе движениями. Это может быть дирижирование, аккомпанирование на музыкальном инструменте, танец. Замечаем продолжительность отрывка по секундомеру. Повторяем это несколько раз. Определяем среднее и погрешность среднего.
4. Поём вслух тот же музыкальный отрывок с кем-то вдвоём. Замечаем продолжительность отрывка по секундомеру. Повторяем это несколько раз. Определяем среднее и погрешность среднего.
5. Поём вслух тот же музыкальный отрывок с кем-то вдвоём и помогаем себе движениями. Это может быть дирижирование, аккомпанирование на музыкальном инструменте, танец. Замечаем продолжительность отрывка по секундомеру. Повторяем это несколько раз. Определяем среднее и погрешность среднего.

Как меняется от варианта к варианту среднее время отрывка и погрешность среднего? Предупреждаем учащихся, что тональным слухом, его точностью, исследователи занимались очень много, а вот ритмическим – почти никто не занимается. Поэтому результаты, если мы их получим, могут быть опубликованы. Они наверняка заинтересуют специалистов.

Пока никто из учащихся не заявил о проведении этого исследования. Возможно, оно сложновато по своему плану. Можно будет провести его под моим руководством с несколькими детьми, занимающимися музыкой. Тогда никому это не покажется трудным.

Проверка домашнего задания показала, что все справились с оценкой точности измерения времени. Нашелся человек, который заглянул в паспорт секундомера и убедился, что процесс измерения, раз он включает реакцию оператора, даёт большую погрешность, чем указано в паспорте прибора.

ИТОГО. Освоили два типа физических измерений. Измерения массы откладываем до изучения динамики.