Запись звука

Возможность записывать звуки и затем воспроизводить их была открыта в 1877 году американским изобретателем Т. А. Эдисоном. Благодаря этому появилось звуковое кино, началось массовое производство граммофонных пластинок.

На рисунке 1 дана упрощенная схема механического звукозаписывающего устройства. Звуковые волны от источника звука (певца, оркестра и т. д.) попадали в рупор 1, в котором была закреплена тонкая упругая пластинка 2 (мембрана). Под действием звуковой волны мембрана начинала колебаться. Колебания мембраны передавались связанному с ней резцу 3, острие которого оставляло при этом на вращающемся диске 4 звуковую бороздку. Звуковая бороздка закручивалась по спирали от края диска к его центру.

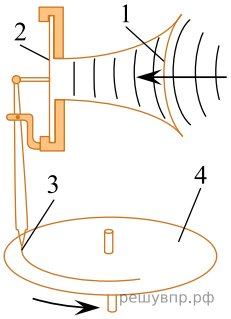


Рис. 1.

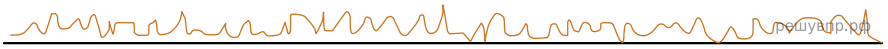


Рис. 2
Профиль звуковой дорожки под большим увеличением.

Диск или валик, на котором производилась звукозапись, изготавливалась из специального мягкого воскового материала. С этого воскового диска гальванопластическим способом снимали медную копию (клише): использовалось осаждение на электроде чистой меди при прохождении электрического тока через раствор её солей. Затем с медной копии делали оттиски на дисках из пластмассы. Так получали граммофонные пластинки.

При воспроизведении звука граммофонную пластинку ставят под иглу, связанную с мембраной граммофона, и приводят пластинку во вращение. Двигаясь по волнистой бороздке пластинки, конец иглы колеблется, вместе с ним колеблется и мембрана, причём эти колебания довольно точно воспроизводят записанный звук.

1898 году датский инженер Вольдемар Паульсен изобрёл аппарат для магнитной записи звука на стальной проволоке. Магнитные ленты появились значительно позже, их использование началось в 40-х годах XX века. На рисунке 3 представлен принцип работы записывающей магнитной головки магнитофона.

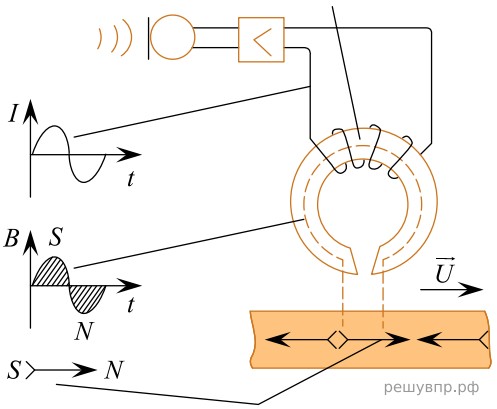


Рис. 3. Намагниченность ленты остаётся и после действия магнитного поля. В микрофоне звуковой сигнал переводится в электрический.

Переменный электрический ток создаёт переменное магнитное поле, под действием которого намагничивается ферромагнитный материал, покрывающий магнитную ленту.

В 1979 году вернулась механическая запись звука, но уже на новом уровне – при записи лазерных дисков. Вместо иглы фонографа звуки на диске записывает луч лазера. Звуковая информация заключена в мельчайших углублениях (рис. 4), выгравированных при записи лазерным лучом на металлизированной поверхности диска. Этот диск во время вращения «читается» другим лазерным лучом, и различия в отражённом лазерном свете преобразуются в электрические сигналы, которые затем преобразуются в звук.

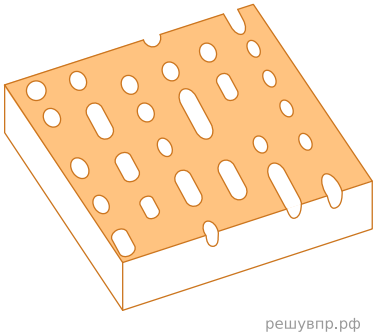
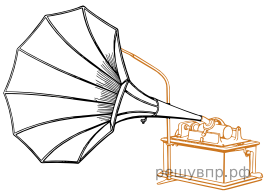
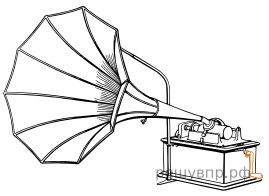


Рис. 4
Поверхность лазерного диска под микроскопом.

1. При многократном проигрывании пластинки появляются шипение и щелчки. С чем это может быть связано? Ответ поясните.



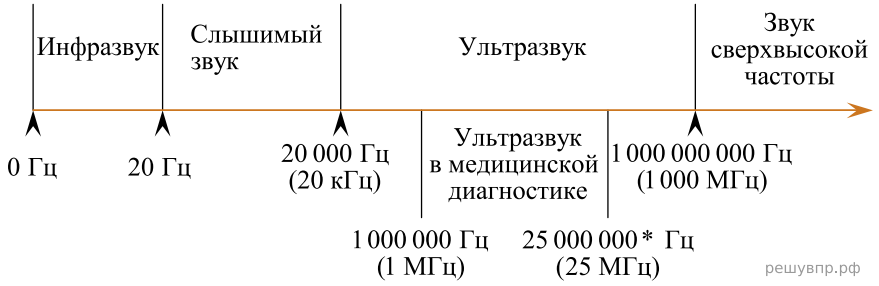
2. В исторически первом приборе Эдисона для записи и воспроизведения звука (см. рис.) звуковая дорожка размещалась по цилиндрической спирали на сменном вращающемся барабане (полом цилиндре). Звук записывалась в форме дорожки, глубина которой была пропорциональна громкости звука.



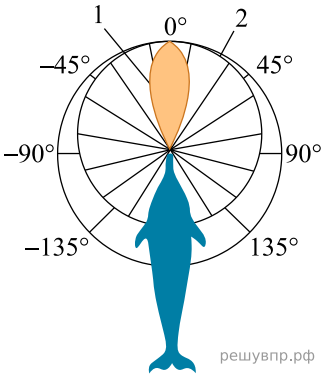
Как меняется вид звуковой дорожки при увеличении громкости звука при использовании дискового фонографа, рассмотренного в тексте? Ответ поясните.

Два типа слуха дельфинов

Звуковые волны принято подразделять на диапазон слышимых человеком волн, а также инфразвук, ультразвук и звук сверхвысокой частоты (или гиперзвук) (см. диаграмму).



Диапазон издаваемых и слышимых звуков у разных животных может сильно отличаться от диапазона звуковых волн, воспринимаемых человеком. Например, дельфин способен создавать и улавливать звуки в более широком диапазоне, чем человек.



В слуховом аппарате дельфина есть два типа «входных ворот». «Ворота» первого типа – вытянутая нижняя челюсть. Через эти «ворота» к внутреннему уху дельфина поступают волны с частотами $8 \cdot 10^4$–10^5Гц, направление которых совпадает с направлением челюсти. Именно по этому направлению и осуществляется эхолокация. «Ворота» второго типа — те места по бокам головы дельфина, где когда-то у далёких предков дельфинов, живших на суше, были обыкновенные уши. Ушей, как таковых, у дельфинов нет; наружные слуховые отверстия почти заросли, однако звуки они пропускают прекрасно. Через эти «входные ворота» к внутреннему уху дельфина поступают со всевозможных сторон звуковые волны относительно низких частот (10^2–10^4 Гц). Таким образом, можно говорить о двух типах слуха дельфинов.

Первый тип — остронаправленный эхолокационный слух на высоких частотах. Известно, что для успешной эхолокации линейные размеры объекта должны быть больше или по крайней мере порядка длины волны звука. Чем меньше длина волны излучения, тем более мелкими могут быть объекты, которые необходимо опознать при помощи эхо-сигналов.

Второй тип слуха — слух кругового обзора; он предназначен для восприятия дельфином «обычных» звуков, заполняющих окружающее пространство. На рисунке отрезки, ограниченные кривой 1, относятся к эхолокационному слуху, а кривой 2 — к слуху кругового обзора. Рисунок хорошо иллюстрирует острую направленность слуха первого типа и слабо выраженную направленность слуха второго типа.

3. Каков минимальный линейный размер рыбки, которую дельфин может обнаружить, используя максимальную из указанных в тексте частот звуковой локации? Скорость звука в воде принять равной 1500 м/с.

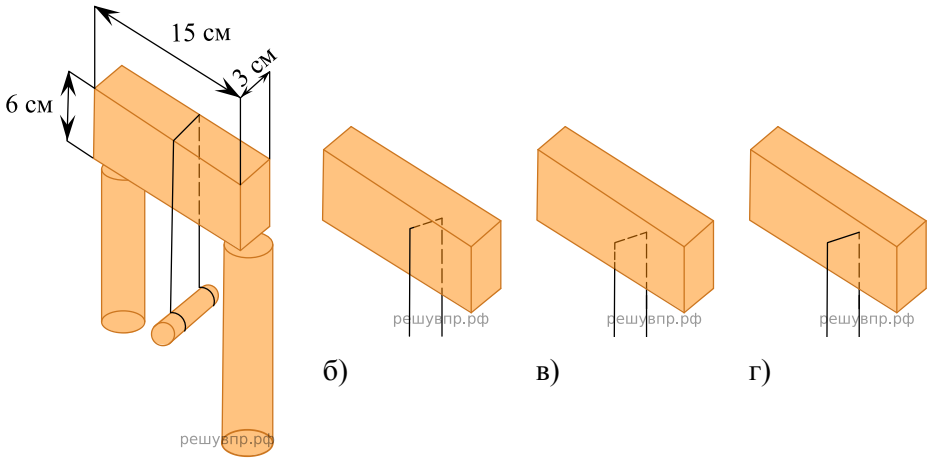
Свойства льда

Между давлением и точкой замерзания (плавления) воды наблюдается интересная зависимость (см. таблицу).

Давление, атм	Температура плавления льда, °C	Изменение объёма при кристализации, см^3/моль	Давление, атм	Температура плавления льда, °C	Изменение объёма при кристализации, см^3/моль
1	0,0	−1,62	5280	−10,0	1,73
610	−5,0	−1,83	5810	−5,0	1,69
1970	−20,0	−2,37	7640	10,0	1,52
2115	−22,0	0,84	20000	73,8	0,68

С повышением давления до 2200 атмосфер температура плавления падает: с увеличением давления на каждую атмосферу она понижается примерно на 0,0075 °C. При дальнейшем увеличении давления точка замерзания воды начинает расти: при давлении 20 670 атмосфер вода замерзает при 76 °C. В этом случае будет наблюдаться горячий лёд.

При нормальном атмосферном давлении объём воды при замерзании внезапно возрастает примерно на 11%. В замкнутом пространстве такой процесс приводит к возникновению громадного избыточного давления до 2500 атм. Вода, замерзая, разрывает горные породы, дробит многотонные глыбы.



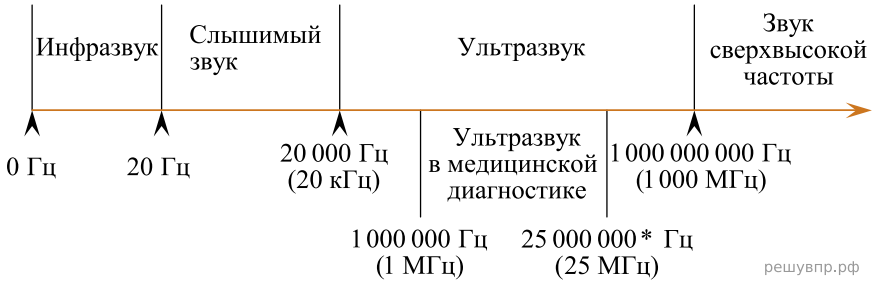
В XIX веке было обнаружено явление режеляции льда, которое можно продемонстрировать на опыте. Поставим на два столбика прямоугольный ледяной брусок. Перекинем через него тонкую стальную проволоку (диаметром 0,1 мм) и подвесим на ней груз массой 3 кг (см. рис. а). Все это оставим на лёгком морозе. Важно, чтобы температура на улице была лишь немногим ниже нуля. Примерно через сутки мы обнаружим, что проволока и гиря лежат на земле, а на столбиках стоит наш ледяной брусок, целый и невредимый. Если бы мы в течение опыта выходили на улицу, то увидели бы, как постепенно проволока опускается, как бы разрезая ледяной брусок (см. рис. б, в, г), никакого разреза не остаётся – выше проволоки брусок оказывается монолитным.

Долгое время думали, что лёд под лезвиями коньков тает потому, что испытывает сильное давление, температура плавления льда понижается и лёд плавится. Однако расчёты показывают, что под коньками температура плавления льда уменьшается примерно на 0,1 °С, что явно недостаточно для катания, например, при –10 °С.

4. Оцените на основании данных текста, какое давление на лёд оказывает человек, стоя на коньках. Ответ поясните.

Сонары летучих мышей

Звуковые волны принято подразделять на диапазон слышимых человеком волн, а также инфразвук, ультразвук и звук сверхвысокой частоты (или гиперзвук) (см. диаграмму).



Диапазон издаваемых и слышимых звуков у разных животных может сильно отличаться от диапазона звуковых волн, воспринимаемых человеком.

В 1938 г. американские исследователи Г. Пирс и Д. Гриффин, применив специальную аппаратуру, установили, что во время полёта мышь излучает короткие сигналы на частоте около $8 \cdot 10^4$ Гц, а затем воспринимает сигналы, которые приходят к ней от ближайших препятствий и от пролетающих вблизи насекомых. Гриффин назвал способ ориентировки летучих мышей эхолокацией.

Известно, что для успешной эхолокации линейные размеры объекта должны быть больше или, по крайней мере, порядка длины волны звука. Чем меньше длина волны излучения, тем более мелкими могут быть объекты, которые необходимо опознать при помощи эхо-сигналов.

Летучие мыши – обладатели весьма совершенных природных звуковых радаров, или, иначе говоря, природных сонаров. Устройство сонаров различно у разных видов летучих мышей. Например, остроухая ночница (как, впрочем, и многие другие виды мышей) излучает звуковые волны через рот, а большой подковонос через ноздри, которые у него окружены кожистыми выростами наподобие рупоров. Сигналы, посылаемые летучей мышью в полете, имеют характер очень коротких импульсов – своеобразных щелчков. Длительность каждого такого щелчка $(1–5) \cdot 10^{-3}$ с, ежесекундно мышь производит около десяти таких щелчков. Отражённые от объекта волны летучая мышь воспринимает ушами, имеющими сравнительно большие размеры.

5. Каков минимальный линейный размер насекомого, которого летучая мышь может обнаружить, используя указанную в тексте частоту звуковой локации? Ответ поясните. Скорость звука принять равной 330 м/с.

Ветер и измерение его скорости

Поток воздуха, который движется параллельно земной поверхности, мы называем ветром. Он возникает вследствие неравномерного распределения атмосферного давления и направлен от зоны высокого давления к зоне низкого давления. Главной причиной возникновения ветров на Земле является разница в температуре и плотности воздуха над разными областями её поверхности. Вследствие непрерывного изменения давления во времени и в пространстве скорость и направление ветра также постоянно меняются.

Скорость ветра на метеостанциях большинства стран мира измеряют на высоте 10 м над уровнем земли и усредняют за 10 мин. Простым устройством для определения направления ветра является флюгер. Приборами, предназначенными для измерения скорости ветра, служат разнообразные анемометры, в которых применяются чаши или пропеллеры, способные вращаться. Флюгер-анемометр Г.-И. Вильда — простейший прибор, позволяющий одновременно определить направление и скорость ветра. О силе ветра или его скорости судят по отклонению ветровой доски. Отклонение ветровой доски под действием ветра замечают по номеру штифта (рис. 2). На рис. 1 представлены значения для отклонений доски размером 150 мм × 300 мм и массой 200 г.

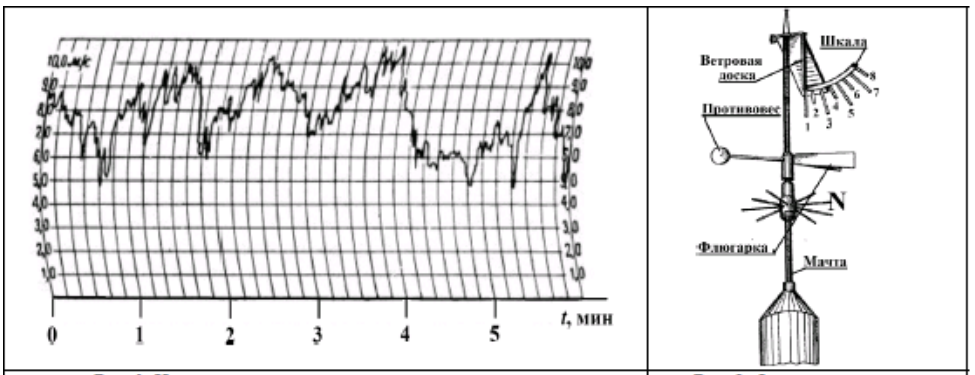


Рис. 1. Изменение скорости ветра с течением времени

Рис. 2. Флюгер-анемометр Вильда

Таблица. Скорость ветра по показаниям флюгера-анемометра Вильда

№	1	1–2	2	2–3	3	3–4	4	4–5	5	5–6	6	6–7	7	7–8	8	>8
v, м/с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17	20	>20
*	Штиль	Тихий		Лёгкий		Слабый		Умеренный		Свежий		Крепкий		Очень крепкий		Шторм

РЕШУВПР.РФ

* *Классификация по шкале Бофорта*

Какой дует ветер, умеренный или очень крепкий, важно знать не только морякам, идущим под парусом, но и всем жителям Земли. Так, МЧС крупных городов предупреждает об опасности нахождения в сильный ветер под рекламными щитами, потому что ветер способен повалить такой щит.

Силовое воздействие потока воздуха плотностью ρ пропорционально динамическому давлению: $\frac{1}{2}\rho v^2$. Так в аэродинамике называют удельную кинетическую энергию воздушного потока. Но ветер тормозится прямоугольным щитом площадью S и обтекает его. Поэтому инженеры предлагают для такого щита рассчитывать силу давления ветра по формуле $F = 0,9S\rho v^2$. Очевидно, что если ветер усиливается от лёгкого до умеренного, то сила давления может возрасти в 10 раз. Зная скорость ветра, можно рассчитать силу давления, максимальный опрокидывающий момент, действующий на щит, а значит, и требуемую прочность крепежа конструкции.

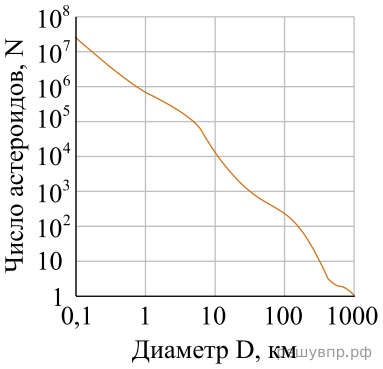
6. Уровней погодной опасности, различаемых по цветам, выделяют (от безопасного к опасному) четыре: зелёный, жёлтый, оранжевый и красный. Скорость ветра — один из параметров, характеризующих этот уровень. В Москве в 2018 г. объявляли «жёлтый» уровень опасности при усилении ветра до 12 м/с, при скорости 5—10 м/с с порывами до 15 м/с. При ветре 13—18 м/с, а также 12—15 м/с с порывами до 20 м/с объявляли «оранжевый» уровень. Будет ли объявлен «жёлтый» уровень опасности в Москве, если по шкале Бофорта дует свежий порывистый ветер? Ответ обоснуйте.

7. Уровней погодной опасности, различаемых по цветам, выделяют (от безопасного к опасному) четыре: зелёный, жёлтый, оранжевый и красный. Скорость ветра — один из параметров, характеризующих этот уровень. В Москве в 2018 г. объявляли «жёлтый» уровень опасности, при усилении ветра до 12 м/с и при скорости 5—10 м/с с порывами до 15 м/с. При ветре 13—18 м/с, а также 12—15 м/с с порывами до 20 м/с объявляли «оранжевый» уровень. Будет ли объявлен «жёлтый» уровень опасности в Москве, если по шкале Бофорта дует умеренный ветер без порывов?

Прочитайте текст и выполните задания 16−18.

Размеры астероидов

Астероид — это относительно небольшое (диаметром более 30 м) небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца. Астероиды значительно уступают по массе и размерам большим планетам, имеют неправильную форму
и не имеют атмосферы. Ещё меньшего размера тела относятся к метеороидам.



В настоящий момент в Солнечной системе обнаружены сотни тысяч астероидов. Большинство известных на данный момент астероидов сосредоточены в пределах главного пояса астероидов, расположенного между орбитами Марса и Юпитера.

Количество астероидов заметно уменьшается с ростом их размеров. Зависимость, представленная на графике, в целом соответствует степенному закону (обе шкалы логарифмические).

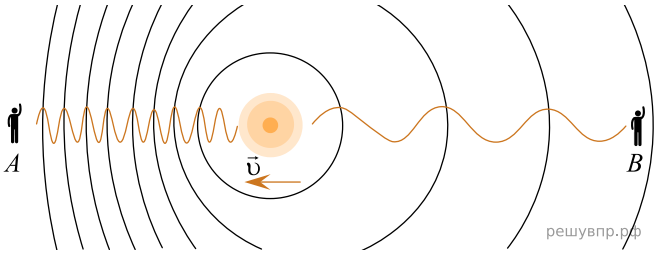
Считается, что планетезимали (предшественники планет) в поясе астероидов эволюционировали в первые десятки миллионов лет жизни Солнечной системы так же, как и в других областях солнечной туманности, до того времени, пока Юпитер не достиг своей текущей массы. После этого из пояса астероидов было выброшено более 99 % планетезималей, так как огромная гравитация Юпитера нарушила процесс гравитационного укрупнения планетезималей. Астероиды диаметром более 120 км образовались в результате аккреции (падения на тяжёлое тело мелких тел) в эту раннюю эпоху, в то время как меньшие тела являются осколками от столкновений между астероидами во время или после рассеивания изначального пояса гравитацией Юпитера.

8. Изучая гипотезы о возникновении Солнечной системы, учащийся предположил, что через десятки миллионов лет пояс астероидов превратится в единую планету в результате аккреции мелких астероидов на крупные. Возможен ли такой путь эволюции? Дайте развёрнутое объяснение.

Эффект Доплера

На практике Вы наверняка наблюдали изменение звука, происходящее при перемещении источника звука относительно слушателя. Так, высота звукового сигнала поезда зависит от того, приближается или удаляется поезд от наблюдателя. Эффект изменения длины и частоты звуковых волн впервые в 1842 г. описал К. Доплер, вследствие чего этот эффект и был назван в честь этого австрийского физика.

Эффект Доплера наблюдается и для световых волн. На скорость света (c) в вакууме не влияют ни скорость источника света, ни скорость наблюдателя. Постоянство скорости света в вакууме имеет огромное значение для физики и астрономии. Однако частота и длина световой волны меняются с изменением скорости источника относительно наблюдателя.



Если источник света начинает двигаться со скоростью υ, то длина волны меняется. Для наблюдателя A, к которому источник света приближается, длина световой волны уменьшается. Для наблюдателя B, от которого источник света удаляется, длина световой волны увеличивается (см. рис.). Так как в видимой части электромагнитного излучения наименьшим длинам волн соответствует фиолетовый свет, а наибольшим — красный, то говорят, что в случае приближающегося источника света наблюдается смещение длины волны в фиолетовую сторону спектра, а в случае удаляющегося источника света — в красную сторону спектра.

Относительное изменение длины световой волны зависит от скорости источника относительно наблюдателя (по лучу зрения) и определяется формулой Доплера:

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \pm\frac{v}{c},$$

где знак «плюс» соответствует случаю удаляющегося источника, а знак «минус» — случаю приближающегося источника.

Эффект Доплера лежит в основе радиолокационных лазерных методов, при помощи которых на Земле измеряются скорости самых разных объектов (самолётов, автомобилей и проч.). Его активно используют при изучении различных явлений Вселенной. Эффект Доплера для звуковых волн широко используется в разных областях медицины, например во многих современных приборах, с помощью которых осуществляют ультразвуковую диагностику сердца и сосудов.

9. Что происходит с высотой звукового сигнала поезда при его приближении к наблюдателю? Ответ поясните.

Прочитайте текст и выполните задания 16, 17 и 18.

Фазы Луны

Луна — естественный спутник Земли, тёмный и холодный, и с Земли видна только та часть лунной поверхности, которая освещена Солнцем и обращена к Земле. Вследствие этого вид Луны на небе меняется, происходит смена лунных фаз. Луна проходит следующие фазы освещения:

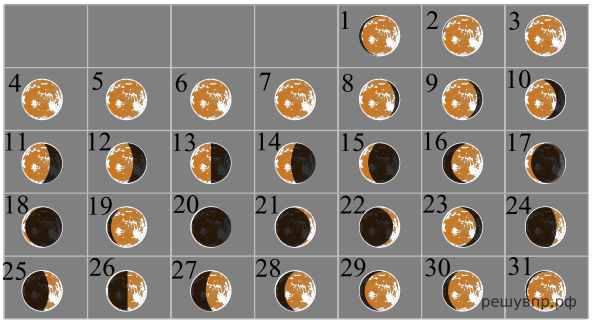
— новолуние — состояние, когда Луна невидна;

— первая четверть — состояние, когда первый раз после новолуния освещена половина обращённой к Земле поверхности Луны;

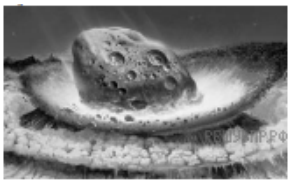
— полнолуние — состояние, когда освещена вся обращённая к Земле поверхность Луны;

— последняя четверть — состояние, когда освещена другая половина обращённой к Земле поверхности Луны.

На рисунке представлен календарь наблюдения фаз Луны в течение августа 2015 г.



На Луне много метеоритных, или ударно-взрывных, кратеров. Это наиболее распространённые формы рельефа на многих планетах и их спутниках в Солнечной системе.



Когда метеорит с космической скоростью врезается в твёрдую поверхность планеты, происходит мощный тепловой взрыв, и на его месте за считанные секунды формируется особое геологическое образование — ударный метеоритный кратер.

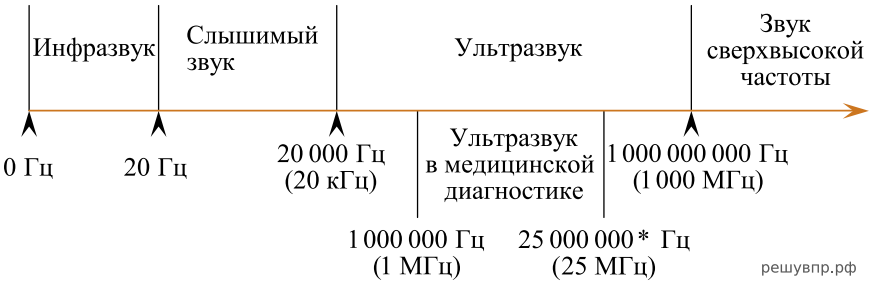
Луна не имеет атмосферы, вся её поверхность изрыта кратерами от падения метеорных тел. Большинство же метеорных тел, падающих на Землю, не долетают до её поверхности, нагреваясь и сгорая в атмосфере.

10. Какая из планет (Марс или Венера) более защищена от атак мелкими астероидами? Ответ поясните.

Прочитайте текст и выполните задания 16, 17 и 18.

Сонары летучих мышей

Звуковые волны принято подразделять на диапазон слышимых человеком волн, а также инфразвук, ультразвук и звук сверхвысокой частоты (или гиперзвук) (см. диаграмму).



Диапазон издаваемых и слышимых звуков у разных животных может сильно отличаться от диапазона звуковых волн, воспринимаемых человеком.

В 1938 г. американские исследователи Г. Пирс и Д. Гриффин, применив специальную аппаратуру, установили, что во время полёта летучая мышь излучает короткие сигналы на частоте около $8 \cdot 10^4$ Гц, а затем воспринимает сигналы, которые приходят к ней от ближайших препятствий и от пролетающих вблизи насекомых. Гриффин назвал способ ориентировки летучих мышей эхолокацией.

Известно, что для успешной эхолокации линейные размеры объекта должны быть больше или, по крайней мере, порядка длины волны звука. Чем меньше длина волны излучения, тем более мелкими могут быть объекты, которые удаётся опознать при помощи эхо-сигналов.

Летучие мыши — обладатели весьма совершенных природных звуковых радаров, или, иначе говоря, природных сонаров. Устройство сонаров различно у разных видов летучих мышей. Например, остроухая ночница (как, впрочем, и многие другие виды мышей) излучает звуковые волны через рот, а большой подковонос через ноздри, которые у него окружены кожистыми выростами наподобие рупоров. Сигналы, посылаемые летучей мышью в полёте, имеют характер очень коротких импульсов — своеобразных щелчков.

Длительность каждого такого щелчка (1–5) $\cdot$ 10^{-3} с, ежесекундно мышь производит около десяти таких щелчков. Отражённые от объекта волны летучая мышь воспринимает ушами, имеющими сравнительно большие размеры.

11. Почему время между сигналами, издаваемыми летучей мышью, в сотню раз больше длительности самого сигнала?

Прочитайте текст и выполните задания 16, 17 и 18.

Космическая оборона Земли

В Солнечной системе перемещается огромное количество астероидов. Основная их масса (более 98%) сосредоточена в главном поясе астероидов (проходит между орбитами Марса и Юпитера), в находящемся за Нептуном поясе Койпера, а также в облаке Оорта. Периодически некоторые объекты из этих областей в результате столкновений с соседями и/или под воздействием гравитации более крупных объектов покидают привычные орбиты и могут направляться, например, к Земле.

В 1993 году мир узнал, что к Юпитеру летит комета Шумейкера−Леви и неизбежно столкновение. И в июле следующего года комета в виде 21 фрагмента врезалась в Юпитер, причём самый большой кусок вызвал взрыв энергией 6 миллионов мегатонн в тротиловом эквиваленте ($6 \cdot 10^6$ Мт ТНТ). Это в 600 раз больше, чем весь ядерный потенциал всех стран, обладающих ядерным оружием. Ещё через 20 лет над Челябинском взорвался сравнительно небольшой астероид (17 м в поперечнике), ударная волна от которого дважды обогнула Землю. Взрыв повредил около 7000 зданий, материальный ущерб составил почти миллиард рублей. Куда упадёт следующий астероид?

В настоящее время известно около 14 тысяч так называемых околоземных объектов, из них 879 — астероиды крупнее 1 км в поперечнике. Эти объекты трудно обнаружить, они небольшие по космическим масштабам и тёмные. Астрономы считают, что нам известно
около 55% небесных камней крупнее 300 м, около 15% — крупнее 100 м и менее 1% — 30- метровых. А всего, по оценкам учёных, вблизи Земли летает порядка 50 миллионов астероидов крупнее 10 м.

Желательно обнаруживать их заранее. В Чилийских Андах строится телескоп, специально рассчитанный на это. Он должен быть готов в 2021 году, и тогда сможет каждую ночь делать более 800 панорамных снимков неба на камеру с очень высокой чёткостью. Электроника будет анализировать снимки, разыскивая мелкие, быстро летящие, слабо светящиеся объекты. Рассчитывают, что в первый год наблюдений система найдёт больше близких к Земле астероидов, чем все астрономы вместе до 2015 года. Зная параметры орбит этих объектов, можно определить, насколько вероятно их столкновение с нашей планетой.

Американским астрономом Р. Бинзелом была разработана качественная шкала оценки опасности столкновения с Землёй астероидов и комет. Шкала была представлена на симпозиуме в Турине и получила название в честь этого итальянского города. В 1999 г. шкала была утверждена Международным Астрономическим Союзом. Туринская шкала состоит из 10 пунктов, в соответствии с которыми астероиды и другие небесные тела классифицируются по степени опасности для Земли (см. рисунок).

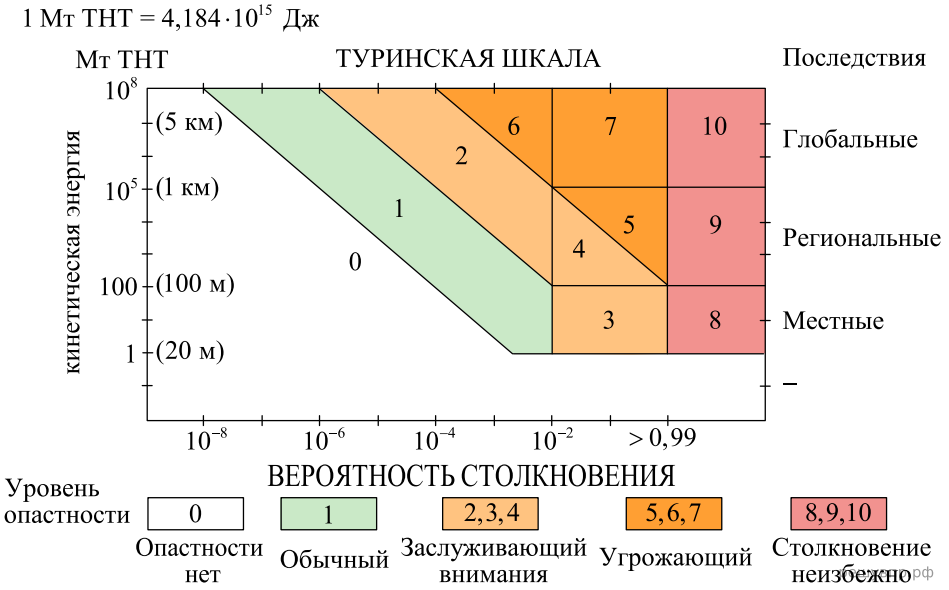


Рисунок. Шкала степени опасности астероидной атаки

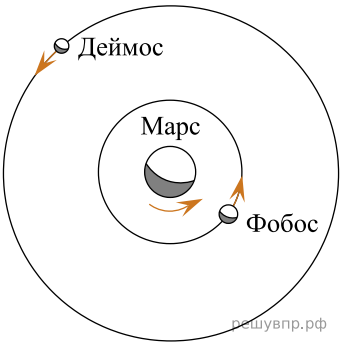
После того как будут обнаружены опасные для Земли астероиды, что с ними делать? Земля пролетает по орбите расстояние, равное своему диаметру, каждые 7,5 минуты. Это значит, что, замедлив или ускорив движение астероида, нацеленного на Землю, на несколько минут, мы заставим его пролететь мимо цели. Насколько большую силу придётся приложить для этого, зависит от того, когда мы начнём её прилагать. Если начать за 20 лет до столкновения, то замедлять или ускорять полёт астероида надо будет всего на 2 мм в секунду. Можно подстрелить астероид ракетой и сбить с пути, можно установить на нём ионный реактивный двигатель и т. п.

12. Один из остроумных способов изменить орбиту движения астероида и не допустить столкновения с Землёй — это поместить рядом с астероидом зонд определённой (достаточной) массы. На каком физическом законе основан предложенный способ? Ответ поясните.

Естественные и искусственные спутники планет

Спутником называют небольшое тело, которое движется по замкнутой орбите вокруг планеты под воздействием гравитационной силы притяжения.

Естественные спутники отсутствуют только у двух ближайших к Солнцу планет Солнечной системы: Венеры и Меркурия. У Марса есть два спутника: Фобос (Страх) и Деймос (Ужас). Орбиты этих спутников практически круговые с радиусом примерно 9 тыс. км для Фобоса и 24 тыс. км для Деймоса (рис. 1).



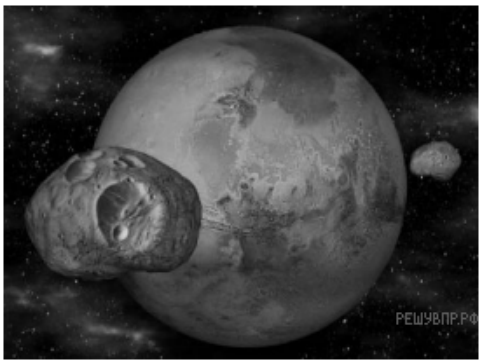


Рис. 1. Спутники Марса

Спутники искусственного происхождения, или, как их ещё называют, искусственные спутники, — это космические аппараты, созданные людьми, позволяющие наблюдать из космоса за планетой, около которой они обращаются, а также за другими астрономическими объектами. Обычно искусственные спутники используются для наблюдений за погодой, изменениями рельефа поверхности планеты, для теле- и радиотрансляции, а также для проведения длительных экспериментов в условиях невесомости (рис. 2).

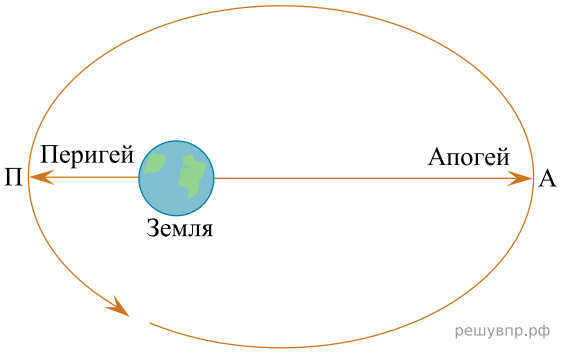


Рис. 2. Искусственный спутник движется вокруг Земли по эллиптической орбите

13. Движущийся космический корабль с реактивным двигателем в некоторый момент времени начинает торможение. В какую сторону (по направлению движения корабля или противоположно направлению его движения) должно быть повёрнуто сопло двигателя корабля? Ответ поясните.