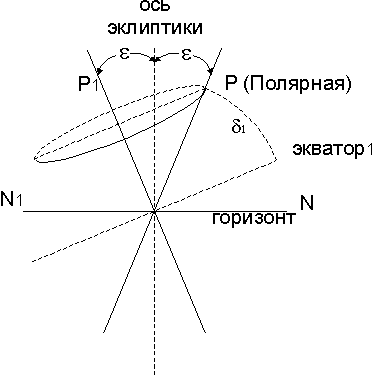
**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии**

**в 2016-2017 учебном году**

**Задания и ответы для 7-8 класса**

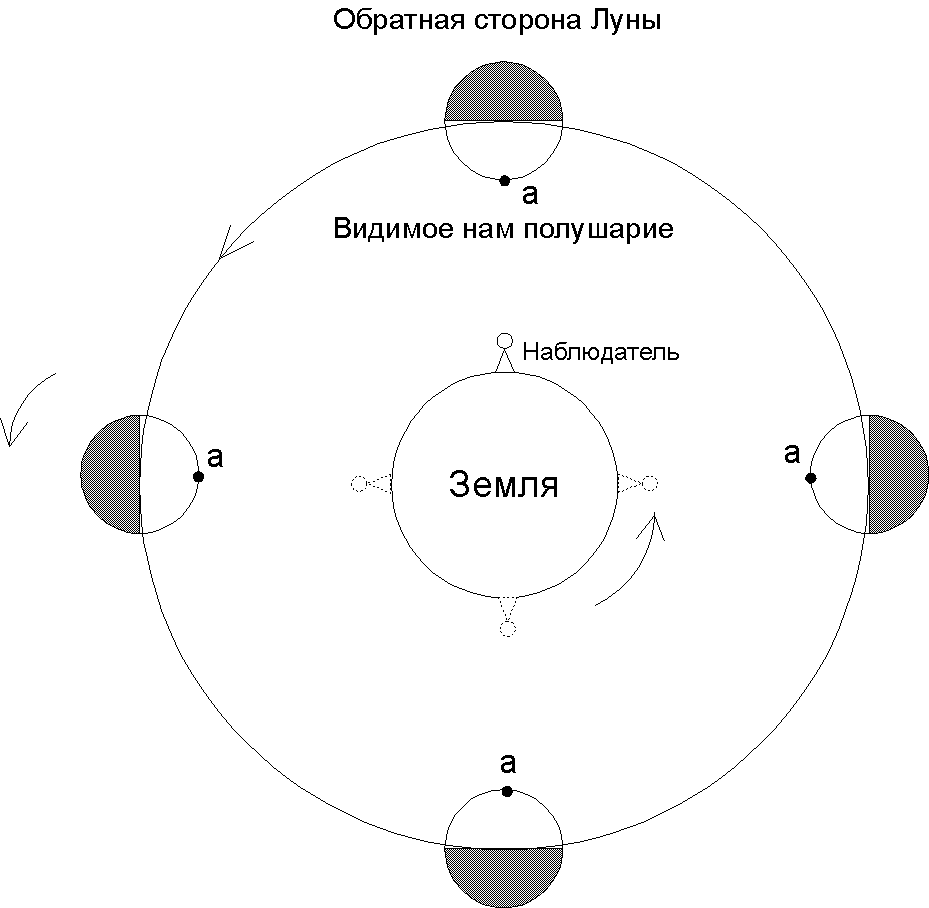
1. Каков может быть максимальный угол между Полярной звездой и Северным полюсом мира в результате прецессии земной оси? Когда это было в последний раз? Заходила ли при этом Полярная за горизонт на широте Вашего города?

**Ответ**: Земная ось прецессирует по конусу с углом 23,5° и периодом около 26 тысяч лет. Значит, 13 тысяч лет назад Полярная была на расстоянии 47° от Северного полюса мира, высота которого над горизонтом равна 61040′ (для Сыктывкара).

На рисунке P и N – ось мира и горизонт в наше время, P1 и N1 – через 13 тыс. лет.

δ1=90°-47°=43° - склонение Полярной звезды через 13 тыс. лет. Формула незаходящих светил ϕ≥(90°-δ1)=43°

То есть на высоте Сыктывкара звезда не заходила.

1. Объясните, почему Луна обращена к Земле одним и тем же полушарием (видимым). Сделать рисунок.

**Ответ**: Полный оборот вокруг Земли Луна совершает за 27,3 суток. За это же время Луна делает оборот вокруг своей оси, поэтому к Земле всегда обращено одно и то же полушарие Луны с некоторым объектом «а» в центре видимого диска.

1. Почему мы наблюдаем больше метеоров в период до полуночи до рассвета, чем от заката до полуночи?

**Ответ**: Метеоры, попадающие на «утреннюю» половину земной атмосферы, встречаются с ней лоб в лоб, в то время как вечером в атмосферу попадают лишь частицы, догоняющие Землю. В результате их скорость по отношению к атмосфере во втором случае ниже и вспыхивают они слабее.

1. Почему радиоастрономы могут проводить наблюдения днём, а астрономы-оптики обычно вынуждены работать ночью?

**Ответ**: Радиоастрономам не мешает рассеянное солнечное радиоизлучение, поскольку с увеличением длины волны степень рассеяния быстро ослабевает (пример: эффект красных закатов Солнца). Оптикам мешает рассеянный в атмосфере солнечный свет.

1. В плоскости симметрии звездного диска галактики располагается тонкий (по сравнению с диском) слой поглощающего вещества (межзвездной пыли), который ослабляет втрое проходящий через него свет (идущий к наблюдателю). Луч зрения не лежит в плоскости галактики. На сколько звездных величин галактика выглядела бы ярче, если бы этой пыли не было?

**Ответ**: примем яркость галактики, лишенной пыли, за единицу. Тогда при наличии тонкого слоя пыли, поглощающего втрое, яркость составит . Соответствующая разность звездных величин равна: , т.е. галактика выглядела бы ярче на 0,44 зв. величины.

1. Почему на небе вблизи Млечного Пути, наблюдается больше слабых звезд, а количество слабых галактик, наоборот, меньше, чем вдали от него?

**Ответ**: наблюдая области неба, близкие к Млечному Пути, мы видим звезды нашей галактики, сконцентрированные в её диске. Именно их излучение сливается в светлую полосу Млечного Пути. Много вдоль Млечного Пути наблюдается и молодых горячих звезд, которые рождаются из уплотненного в галактической плоскости межзвездного вещества. Однако это же вещество, точнее его пылевая составляющая, поглощает свет более далеких объектов. Поэтому галактики практически не видны вблизи полосы Млечного Пути.

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии**

**в 2016-2017 учебном году**

**Задания и ответы для 9 класса**

1. 19 июня 2004 года при аварийной посадке космического корабля Вы катапультировались и весьма удачно приземлились. Оказалось, что в местности Вашего приземления полдень наступил в 8 ч. 42 мин. Московского летнего времени, а высота Солнца при этом h🞊 = 720. Каким языком Вам следует воспользоваться для выяснения местности нахождения ближайшего посольства России? Оцените расстояние до него. В Вашем распоряжении есть весьма грубая карта полушарий Земли.

**Ответ**: Во-первых, заметим, что Солнце в полдень на высоте h=720 может находиться как к северу от зенита, так и к югу. Первый случай соответствует более южной местности, второй - более северной. Угловое расстояние от точки юга, которое определяется формулой h= 900 - ϕ + δ, может быть h2= 1800 - 720 = 1080 и h1 = 720.

δ - склонение Солнца, которое 19 июня (почти день летнего солнцестояния) практически 23,50.Получаем два значения широты: ϕ1,2=900 - h1,2 - δ1.  ϕ1=41,50, ϕ2=5,50. Полдень в месте Вашего приземления наступил в 8 ч. 42 мин. Московского летнего времени, то есть в 4 ч. 42 мин. По Гринвичу. Это говорит о том, что Вы находитесь к востоку от Гринвича. Там средний астрономический полдень наступает (по Гринвичу) в момент времени   
τ = 12h-λ⋅(1h/150), где λ - восточная долгота местности. λ=(12h -τ)⋅150/1h =(12h-4h42m)⋅150/1h ≈109030′. Поправка, связанная с уравнением времени, в середине июня, незначительна, около +1′. С этой поправкой средний астрономический полдень наступает на 1 мин. Раньше истинного в 8 ч. 41 мин., уточненная долгота местности λ= 109045′ в.д.

Таким образом, возможны две точки Вашего приземления:

41,50 с.ш., 109045′ в.д. и 5,50 с.ш., 109045′ в.д.

Посмотрев на карту, обнаруживаем, что второй вариант отпадает - там просторы Южно-Китайского моря, и «приземлиться» невозможно. Первый вариант - территория центральной части автономного района “Внутренняя Монголия” Китая, до посольства в Пекине около 550 км, и дорогу надо спрашивать по-китайски (ну, а если Вы им не владеете - попробуйте спросить по-английски, надеемся, им Вы владеть будете...).

2. Почему на Земле или любой другой планете происходит смена дня и ночи? Конечно, скажете вы, потому что она вращается вокруг оси. Но это далеко не полный ответ. Подумайте:

- может ли так быть, что планета вращается, а смены дня и ночи не происходит?

- может ли так быть, что планета не вращается вокруг оси, а смена дня и ночи происходит?

Если хотя бы один раз вы скажете “да”, то Вам придется поискать новый, более полный ответ на вопрос, при каких условиях нигде на планете не происходит смена дня и ночи.?

**Ответ**: Чтобы нигде на планете день не сменялся ночью, требуется одновременное выполнение трех условий:

а) Угловые скорости орбитального и осевого вращения должны совпадать (другими словами - продолжительность звездного года и звездных суток должна быть одинаковой);

б) Ось вращения планеты должна быть перпендикулярна плоскости орбиты (эклиптики);

в) Планета должна иметь круговую орбиту, чтобы угловая скорость орбитального вращения не менялась в течение года.

Нарушение любого из этих условий является достаточным для того, чтобы на планете была смена дня и ночи.

1. Сколько световых лет до скопления NGC 5694, если в нем видимые звездные величины на 18 больше их абсолютных величин?

**Ответ**: абсолютной величиной принято называть ту видимую величину звезды, которую она имела бы, находясь на расстоянии 10 парсек. Применяя формулу Погсона, и зная, что блеск звезд меняется обратно пропорционально квадратам их расстояний получаем формулу: , где m-видимая звездная величина, M-абсолютная звездная величина, R – расстояние до звездного скопления в парсеках. R=3,26\* - расстояние до звездного скопления, выраженное в световых годах. световых лет.

1. На каком расстоянии Альтаир пролетит мимо Солнца, когда это произойдет, и какой при этом будет звездная величина Альтаира? Параллакс Альтаира (α-Орла) составляет π=0.198”, собственное движение μ=0.658” в год, радиальная скорость Vr =26 км/с, звездная величина m=0.89m.

**Ответ**: собственное движение Альтаира в угловых секундах за год легко перевести в тангенциальную скорость звезды, в астрономических единицах в год это составит µ/π, а в км/с (µ/π)\*(1,5\*108 а.е./км)/(3,16\*107 год/сек). Vt =4.74\* µ/π=15.8 км/с. Полная скорость звезды: =30 км/с. Поскольку на настоящий момент расстояние до Альтаира составляет D=1/π=5.05 пс, то из подобия треугольников легко найти минимальное расстояние Dmin=DVt/V=Vt/πV2.7 пс. Длина пути до этой точки также находится из подобия треугольников L=DVr/V=Vr/πV, откуда время, через которое произойдет сближение, составляет ∆t=L/V=Vr/πV2=150 тыс. лет. При этом освещенность Земли Альтаиром увеличится в (D/Dmin)2 раз, следовательно, его звездная величина составит m=m-5\*lg(D/Dmin) -0.49.

Vr

Vt

V

D

Dmin

L

1. Звезда находится на расстоянии R0=8 кпк от центра сферической галактики и имеет скорость V= 450 км/с, направленную строго от центра. Полный радиус галактики Rg=30 кпк. Круговая скорость (т.е. скорость движения по круговой орбите) на расстоянии 8 и 30 кпк равна соответственно V0 = 250 км/с и Vg = 150 км/с. На какое максимальное расстояние от центра галактики удалится звезда? При вычислениях для простоты считать, что сила притяжения в галактике в интервале расстояний от R0 до Rg изменяется по линейному закону. Какую скорость должна иметь звезда, чтобы навсегда покинуть галактику?

**Ответ**: максимальное удаление звезды от центра галактики можно найти, используя закон сохранения энергии. Удаляясь от центра галактики, звезда теряет скорость, преодолевая силу притяжения галактики, то есть совершая работу против сил тяготения. Работа, совершенная звездой против сил тяготения в интервале от R0 до Rg, равна площади трапеции, заключенным под прямолинейным участком графика зависимости силы от расстояния, то есть A, где Fg и F0 – значения силы притяжения на расстояниях Rg и R0 соответственно. Легко понять, что на круговых орбитах , где m- масса звезды. Работа, совершаемая звездой против силы тяготения в интервале между Rg и Rmax (максимальным расстоянием от центра галактики), где гравитационная сила изменяется по закону 1/r2, равна разности значений потенциальной энергии. A , где G – гравитационная постоянная, M – полная масса галактики. С другой стороны, известно, что GM=RgV2. Тогда максимальное расстояние вычисляется с помощью выражения , выразив отсюда V2 и подставив в полученное выражение численные значения из условия задачи, получим: Rmax≈43.7 кпк. Чтобы навсегда покинуть галактику, звезда должна иметь такую скорость V, чтобы . Вычисления дают, что критическая скорость V2≈483 км/с.

1. Астероид Веста 25 декабря 1994 года находился в противостоянии с Землей и имел звездную величину m=6.4m. Принимая траектории движения астероида и Земли круговыми и расстояние его от Солнца r=2.5 а.е., а от Земли ∆=1.5 а.е., оцените блеск астероида, когда он будет находиться в соединении с Солнцем.

**Ответ**:, где m2 и m1 - блеск астероида соответственно в соединении и противостоянии. m26.8m.

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии**

**в 2016-2017 учебном году**

**Задания и ответы для 10 класса**

1. Луна зашла вчера в С.-Петербурге (φ=600, λ=300) точно в полночь. В каких странах можно будет наблюдать полное солнечное затмение на следующей неделе?

**Ответ**: В отличие от планет и Солнца, более удаленных от Земли, Луна быстро перемещается на фоне звездного неба (130 за сутки) с запада на восток, то есть в направлении, противоположном суточному вращению небесной сферы. Следовательно, за неделю Луна сместится примерно на и, будет находиться в фазе полнолуния, а солнечные затмения в период около полнолуния, увы, не наблюдаются.

1. Космический корабль опустился на астероид диаметром 1 км и средней плотностью 2.5 г/см3. Космонавты решили объехать астероид по экватору на вездеходе за 2 часа. Смогут ли они это сделать?

**Ответ**: Нет, не смогут. Вездеход должен двигаться со скоростью не больше первой космической, иначе он оторвется от поверхности и потеряет опору. Найдем время облета астероида по низкой орбите с этой предельной скоростью . Учтем, что плотность астероида выражается так: ρ = =3M/4πR3. Тогда . Для поиска численных значений можно вспомнить, что у низколетающего спутника Земли Т=1.5 часа, а плотность Земли ρ0=5.5г/см3. Тогда для планеты плотности ρ=2.5(г/см3) получим: часа. Значит, вездеход не сможет объехать астероид за 2 часа.

1. Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы, пренебрегая массами всех планет, кроме Юпитера. Масса Солнца М🞊 в 1050 раз больше массы Юпитера mю. Известно, что диаметр Солнца в 108 раз меньше расстояния от Земли до Солнца, а расстояние от Юпитера до Солнца составляет Lю=5.2. а.е..

**Ответ**: Если мы пренебрегаем всеми планетами, кроме Юпитера, то центр масс системы Солнце-Юпитер, который находится от центра Солнца на расстоянии а.е. .Радиус Солнца - это половина его углового размера, видимого с Земли, умноженная на радиус земной орбиты, то есть =4 .65\*10-3 а.е. Видим, что больше . Таким образом, в рамках сделанных в условии допущений, центр масс Солнечной системы находится вне Солнца.

1. Оцените ширину полосы на поверхности Земли, в которой можно наблюдать покрытие звезды Плутоном, а так же (приблизительно – с точностью до порядка) возможную продолжительность этого покрытия. Диаметр Плутона составляет 2300 км, расстояние от Солнца 30 а.е., а орбитальная скорость около 6 км/с.

**Ответ**: Покрываемая звезда находится на много порядков дальше от Земли, чем Плутон. Поэтому конус тени, отбрасываемый Плутоном на землю при покрытии, можно считать цилиндром, диаметр сечения которого равен диаметру Плутона, 2300 км. Это и есть оценка ширины полосы на поверхности земли, в пределах которой можно наблюдать покрытие. Правда, разумно еще учесть, что земля не плоская, а шарообразная. Вследствие этого ширина полосы может достигать 5600 км.

Продолжительность покрытия определяется диаметром тени и скоростью ее движения по поверхности Земли. Порядок величины можно оценить сразу: это характерный размер тени (мы только что оценили его в 2300 км), деленный на характерную скорость взаимного движения земли и Плутона, которая имеет порядок 6-30 км/с (орбитальные скорости движения Плутона и Земли). Получаем несколько минут. Для ответа на вопрос "оценить с точностью до порядка" этого вполне достаточно.

Можно сделать более точную оценку. Если во время покрытия вектор скорости Земли перпендикулярен оси цилиндра тени, то тень движется по поверхности земли со скоростью Земли относительно Плутона, то есть VЗ VП2426 км/с; если параллелен, то со скоростью Плутона VП6 км/с. Отсюда - оценка продолжительности покрытия в том месте, где наблюдатель пересекает тень по диаметру: 95 сек в первом случае и 7 мин - во втором. В других местах продолжительность покрытия будет меньше.

Вообще не надо забывать, что у внешних планет бывают "стояния" - моменты времени, когда тангенциальная скорость Плутона относительно Земли становится вообще равной нулю. Тогда покрытие длится еще дольше.

Продолжительность покрытия 1988 г., которое наблюдалось восемью экспедициями в Австралии и Новой Зеландии и в ходе которого у Плутона была открыта атмосфера, составляла в среднем около минуты.

1. В ночь с 23 на 24 февраля 1987 года астрономы зафиксировали вспышку сверхновой звезды в галактике Большое Магелланово Облако, расстояние от Земли до которого 55 кпс. В каком году на самом деле произошла эта вспышка?

**Ответ**: кпс - это световых лет. То есть, свет из Большого Магелланова Облака идет до нас около 180000 лет, и любое событие, которое мы видим сейчас, произошло там уже 180 тысяч лет тому назад. Вычислять точно год, в котором на самом деле произошла вспышка сверхновой, бессмысленно, поскольку точность, с которой дано расстояние до галактики, явно не превышает 1%. Правильный ответ: около 180 тысяч лет тому назад.

1. Некоторая галактика наблюдается как диск с угловым размером около α=0.5’, а красное доплеровское смещение в спектрах этой галактики составляет 2% (∆λ/λ=0.02). Постоянную Хаббла считать равной H= 75 км/с\*Мпк. Сравните эту галактику с нашей по размерам.

**Ответ**: из эффекта Доплера: , где *с* -скорость света, легко найти скорость убегания наблюдаемой Галактики . По формуле Хаббла *V=HR,* где *R –* расстояние до галактики которое получается равным . Характерный размер (диаметр Галактики) есть L=αR (α – в радианах ), таким образом: Известно, что размер нашей галактики – порядка 25-30 кпк, то есть наблюдаемая галактика в 2-2.5 раза меньше нашей.

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии**

**в 2016-2017 учебном году**

**Задания и ответы для 11 класса**

1. Какие зодиакальные созвездия можно увидеть в течение всей новогодней ночи в Сыктывкаре? ϕ = 61°40′ (необходима подвижная карта звездного неба).

**Ответ**: По подвижной карте можно определить, что с 31 декабря по 1 января Солнце находится в созвездии Стрельца. Заходит оно примерно в 14 часов. Сразу после захода Солнца будут видны часть созвездий Козерога и Водолея. Хорошо видны Рыбы, Овен, восходит Телец. Заходят - Лев, Дева и Весы, видна часть Скорпиона. В течении ночи созвездия сменяя друг друга все появятся на небе, исключая созвездие Стрельца в котором находится Солнце. Часть звезд созвездия Скорпиона и Козерога так же не будут видны, так как останутся под горизонтом.

1. В каком отношении численно меняется видимый диаметр Солнца с Земли и с Марса от перигелия к афелию, если эксцентриситеты их орбит соответственно равны 0.017 и 0.093?

**Ответ**: Пусть dmax и dmin наибольший и наименьший видимый с планеты диаметр Солнца. Отношение их связано с эксцентриситетом следующим соотношением:. Подставляя численные данные для планет, получим для Земли , для Марса: .

1. Определить массу Луны по движению ее искусственного спутника «Луна-12», обращавшегося вокруг нее с периодом Т=3 часа 25 минут на расстоянии 2660 км.

**Ответ**: Сравнивая движение искусственного спутника Луны с движение Земли вокруг Солнца, по третьему закону Кеплера получим: , где и ***Т*** - периоды обращения Земли и спутника Луны (в минутах), М0 и МЛ - массы Солнца и Луны (в массах Земли), то . Подставляя данные задачи, получим  кг.

1. Пульсар, находящийся вблизи полюса эклиптики и имеющий массу 4⋅1033 г (две массы Солнца), излучает импульсы с периодом 1с. Точные измерения получаемых сигналов показали, что его период не строго постоянен и меняется с периодичностью 1 год с амплитудой 10-8с. Спутник какой массы, обращающийся вокруг пульсара по круговой орбите, может вызывать эти изменения?

**Ответ**: Пульсар и его спутник обращается с периодом Т вокруг общего центра масс, расположенного вблизи центра пульсара. Масса пульсара - М, масса спутника - m. M>>m. V- скорость пульсара, Vc- скорость спутника, R,Rc- радиусы их круговых орбит вокруг центра масс. Орбитальная скорость пульсара, определенная по закону Доплера, составит: V=c\*dP/P=3\*108 м/с \*10-8 = 3 м/с. В системе отсчета, связанной с центром масс, суммарный вектор импульса спутника и пульсара равен нулю, поэтому:  или . Тот же вывод следует и из определения центра масс и равенства периодов: ; . Скорость спутника на круговой орбите всегда равна, G- гравитационная постоянная. Отсюда  или . Выразим массу спутника . Подставляя численные значения, получаем m=3.2⋅1026кг. (то есть 53 массы Земли).

1. В различных областях неба астрономы встречают такие близко расположенные друг к другу галактики, которые проходили, проходят, или непременно пройдут друг сквозь друга. Допустим, что происходит столкновение двух спиральных галактик сравнимой массы и размеров. К каким физическим последствиям это может привести?

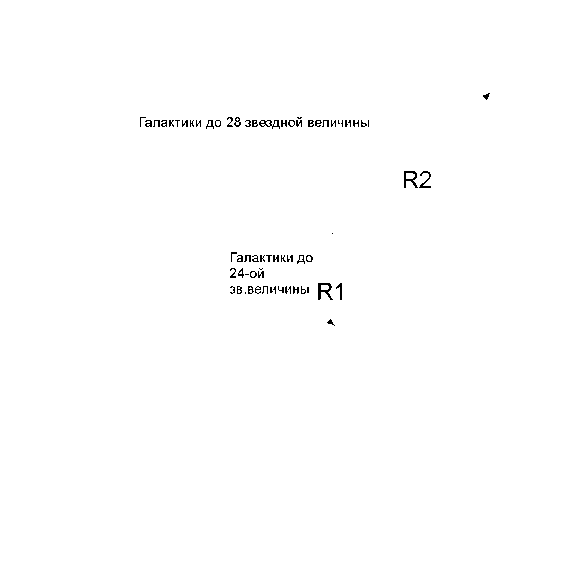
**Ответ**: Галактика содержит звезды и газ. Каждая из этих составляющих по-своему отреагирует на близкое прохождение или столкновение с соседней галактикой.

А). Звездная составляющая. Вероятность столкновения между звездами останется очень малой, но гравитационная сила со стороны «влетающей» галактики исказит орбиты звезд диска, первоначально близкие к круговым, диск галактики станет более «пухлым», а при центральном столкновении может совсем разрушиться. Галактика исказит свою форму, может возникнуть выброс вещества, часто наблюдаемый у взаимодействующих галактик как «хвост» и «перемычка». Если скорости столкновения не очень велики, галактики могут вообще слиться в одну систему. Но вероятнее всего, что галактики пройдут друг сквозь друга, лишь слегка уменьшив свою кинетическую энергию.

Б). Газовая составляющая. Совокупности атомов газа, как и отдельных облаков газа, ведут себя так же, как и сплошная среда. Столкновение газовых масс приведет к сильным некруговым движениям, но со временем, они будут затухать. Во взаимодействующих галактиках, где это имеет место, наблюдается усиление звездообразования. Как и в случае звезд, часть газа, испытавшая столкновение может покинуть галактику.

1. В телескоп Хаббла видны галактики до 28-й звездной величины, а наземные до 24-й звездной величины. Считая, что галактики распределены равномерно, оценить отношение галактик 28-й звездной величины к галактикам 24-й звездной величины.

**Ответ**: Будем считать, что галактики образуют две сферы разных радиусов. Внутри первой сферы галактики до 24-й звездной величины. Вторая сфера включает в себя все галактики до 28-й звездной величины.

Так как распределение галактик считается равномерным, то имеют место следующие соотношения: N1/V1=N2/V2,  где N1, N2 - количество галактик соответственно в первой и второй сфере, V1,V2 - объем первой и второй сферы. . Известно, что зависимость светимости от расстояния имеет вид:=(2,512M2-M1)1/2. Переходя к числу галактик, получим: N2/N1=(2.512(M2-M1))3/2 .Подставляя численные значения, получим: N2/N1≈251.То есть, галактик 28-й звездной величины в 251 раз больше, чем 24-й.