



Школа _____ Класс _____

Инженерное направление

10 – 11 класс

Внимательно прочитайте текст, подробно ответьте на вопросы и решите задачи, приведённые после текста

Метеор Ракета

проф. Г. Покровский

Метеоры и метеориты издавна привлекали внимание ученых, им посвящено очень много исследований и расчетов. Казалось бы, при таких условиях метеоры и метеориты должны быть изучены настолько подробно, что в этой области сейчас уже невозможно сделать не только какое-либо открытие, но и нет особого смысла значительно расширять область исследований. Такой вывод нередко делают применительно к самым разнообразным областям науки и техники. И часто он оказывается совершенно несостоятельным. Это очень важное обстоятельство для всего развития науки, техники и экономики.

В полетах метеоров и метеоритов закономерности аэродинамики и баллистики играют сравнительно ничтожную роль. Основное значение имеют совсем другие явления и силы, которые очень важны для науки и актуальны в связи с развитием теории и практики космических полетов. Сейчас, как известно, приобрела особое значение проблема торможения в атмосфере космических кораблей, возвращающихся на Землю. Одним из наиболее известных способов является применение реактивного двигателя, действующего в направлении, противоположном направлению движения. Но для такого двигателя требуется много дополнительного топлива.

Поэтому возникает вопрос о создании тормозящего реактивного двигателя, который использовал бы кинетическую энергию самого движущегося тела. Ее как раз и следовало бы интенсивно расходовать, чтобы обеспечить эффективное торможение. Здесь-то и приходится вспомнить метеорные явления. Известно, что некоторые метеориты тормозятся необычайно интенсивно, оставляя на своем пути огромные массы светящегося раскаленного вещества. Отрицательные ускорения при этом в тысячи и даже десятки тысяч раз превосходят ускорение силы тяжести. Простые расчеты показывают, что для такого сильного торможения элементарных аэродинамических сил совершенно недостаточно.

Чтобы уяснить себе картину явлений, вызывающих резкое торможение, сделаем маятник, представляющий собой ведро, подвешенное боком на длинных тросах. Если в ведро положить большой кусок дерева и выстрелить в горизонтальном направлении из ружья или пистолета так, чтобы пуля застряла в дереве, то маятник отклонится в соответствии с теорией. По отклонению

нетрудно будет определить скорость пули.

Если кусок дерева в ведре заменить влажной глиной, то при правильном подборе консистенции глины отклонение маятника можно увеличить раз в десять по сравнению со случаем стрельбы в кусок дерева. При данных условиях уже нельзя вести расчет скорости пули таким способом, какой можно было применить в предыдущем случае: мы получили бы невероятный результат. Оказалось бы, что обычная пуля движется со скоростью, превосходящей скорость искусственных спутников Земли.

Чем обусловлен этот кажущийся парадокс?

Ответ, в сущности, очень прост. При ударе пули в глину последняя на короткое время интенсивно выбрасывается навстречу направлению движения пули в виде мощной реактивной струи. Пока пуля врезается в глину, ведро с глиной становится своеобразным реактивным двигателем, который в небольшой промежуток извергает мощную струю из диспергированной глины навстречу направлению движения пули. Энергия струи получена ею от пули, но масса глиняной струи много больше массы пули. Поэтому действие струи на маятник существенно сильнее, чем действие пули.

При быстром движении метеора в разреженном воздухе отдельные молекулы воздуха выбивают из поверхностного слоя метеора множество ионов и электронов. Струя этих частиц уподобляется струе обычного реактивного двигателя и весьма сильно тормозит метеор.

Расчеты показывают, что наличие такого реактивного действия может привести к торможению, которое как раз и наблюдается в ряде случаев при метеорных исследованиях. Рассмотрим это явление с другой точки зрения. Газы, выделяемые при обгорании метеора, образуют мощную шапку, окутывающую метеор и как бы увеличивающую его размеры. Поэтому аэродинамическое сопротивление растет во столько раз, во сколько раз растет площадь поперечного сечения. Другими словами, в атмосферу Земли врезывается не просто метеорное тело, а мощный газовый поршень. Такой поршень вытесняет громадную массу воздуха и встречает в соответствии с этим большое сопротивление.

Обгорание Железного тела должно начаться при скорости в 3—4 км/сек, а при скорости в 25 км/сек должно привести к превосходству в десятки раз реактивных сил над обычными аэродинамическими силами, если их определять по известным формулам.

Все сказанное применимо, однако, только к телам, обладающим отличной электропроводностью, в частности к металлическим, железным и железно-никелевым метеоритам.

Если же метеорит состоит из вещества, являющегося хорошим изолятором, то описанные явления почти исчезают. Это объясняется так.

Температура раскаленного воздуха, через который летит метеор, измеряется десятками тысяч градусов. При этом газ превращается в плазму, состоящую из положительных ионов и электронов. Основную энергию нагревания передают метеору отрицательно заряженные электроны. Поверхность метеора заряжается отрицательно. Однако если его вещество обладает хорошей электропроводностью, то заряды уходят с лобовой поверхности и уносятся струей газов.

Если же вещество метеора является электрическим изолятором, отрицательный заряд накапливается на головной части и не позволяет электронам из раскаленного воздуха наносить удары по поверхности метеора.

Это приводит к предохранению поверхности метеора от разрушения и к практически полному исчезновению реактивного эффекта торможения.

Значит, электрический заряд головной части быстро летящего тела существенно изменяет интенсивность его торможения. Это выходит далеко за пределы обычных представлений аэродинамики.

Еще более поразительные явления можно наблюдать, если масса метеорита насыщена растворенным в ней газом или форма метеорита близка к шару. Тогда метеор получает, как правило, интенсивную авторотацию: начинает быстро вращаться вокруг оси, перпендикулярной направлению движения. Поверхностный слой метеорита в головной части сильно прогревается. Когда при вращении прогретая часть слоя попадает в тыльную зону, давление на нее резко падает, и вещество вскипает за счет газового давления, в результате резкой разгрузки. Происходит нечто напоминающее выстрел при открывании бутылки шампанского. Вещество поверхностного слоя с силой выбрасывается в хвостовую зону с пониженным давлением.

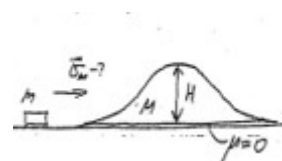
Таким образом, возникает система, работающая в конечном итоге как реактивный двигатель, способный не только компенсировать своей тягой сопротивление воздуха движению, но даже увеличить скорость движения метеора.

Этот необычный механизм интересен потому, что наблюдения уже давно выявили существование метеоров, которые движутся практически без потери скорости. Более того, из наблюдений известно, что существуют метеоры с аномально большими скоростями, каких они не могли бы иметь в космическом пространстве. Возможно, это и есть метеоры, самоускорившиеся описанным здесь способом.

Задания

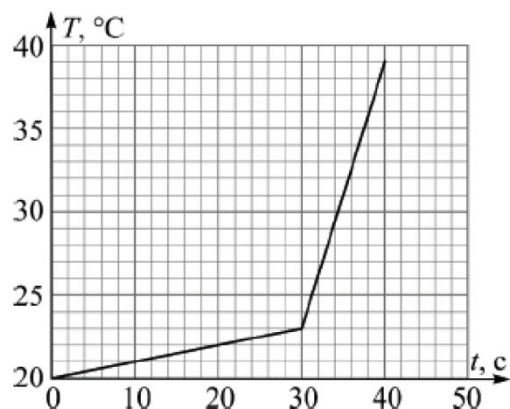
Подробно напишите ответы на следующие вопросы, решите задачи. Для задач приведите подробные решения.

1. Прочитав текст статьи, ответьте на вопрос: почему ведро с глиной по-другому реагирует на попадание пули, нежели ведро с деревяшкой?
2. Почему не у всех метеоров возникает реактивное торможение?
3. Напишите своими словами, что такое плазма.
4. Напишите, почему метеоры могут не тормозиться, а ускоряться в атмосфере?
5. Метеоры падают на землю под действием гравитационных сил. Действуют ли эти силы на космонавтов, находящихся на высоте ~ 400 км над поверхностью земли? Если Ваш ответ «да», то объясните, почему они не падают, а находятся в состоянии невесомости. Если Ваш ответ «нет», то объясните, почему они не улетают.
6. Какую скорость V надо сообщить телу массой m , чтоб оно преодолело гладкую покатую горку, не закрепленную на поверхности? Масса горки составляет M , высота – H .

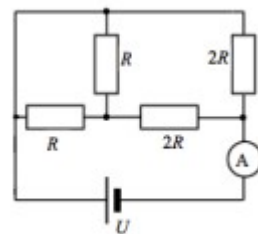


7. Объясните, почему при последовательном включении двух ламп мощностью 40 и 100 Вт первая горит значительно ярче второй.
8. После опускания в воду, имеющую температуру 10°C , тела, нагретого до 100°C , через некоторое время установилась общая температура 40°C . Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно такое же тело, нагретое до 100°C ?
9. В пробирке, заполненной водой плавает лед, как изменится уровень воды, когда лед растает (уменьшится, не изменится, увеличится). Ответ поясните.

10. На электродвигатель постоянного тока установили датчик температуры. На верхнем этаже стройки поставили лебёдку, приводимую в движение этим двигателем. В начале рабочего дня лебедка стала поднимать груз массой $M = 67,5$ кг. Не доехав всего один этаж до лебёдки, груз зацепился. На каком этаже это произошло? Зависимость температуры двигателя от времени $T(t)$ изображена на рисунке. Известно, что на двигатель всегда подаётся одно и то же напряжение; трением в подшипниках двигателя и лебёдки пренебречь. Принять $g = 10$ м/с², высота одного этажа 3 м, теплоёмкость электродвигателя $C = 4,5$ кДж/°C.



11. Идеальный амперметр в цепи, схема которой изображена на рисунке, показывает силу тока $I = 9$ мА. Определите сопротивление резистора R , если напряжение идеального источника $U = 6$ В.



12. На каком расстоянии от левого конца невесомого рычага нужно разместить точку O опоры, чтобы рычаг находился в равновесии (см. рисунок)? Длина рычага $L = 60$ см, масса первого груза вместе с блоком $m_1 = 2$ кг, масса второго груза $m_2 = 3$ кг.

