

Кубок ЛФИ

10.s05.e04

*Ничего так не бодрит, как с утра метеорит
Народная мудрость*

Астроу βλημα

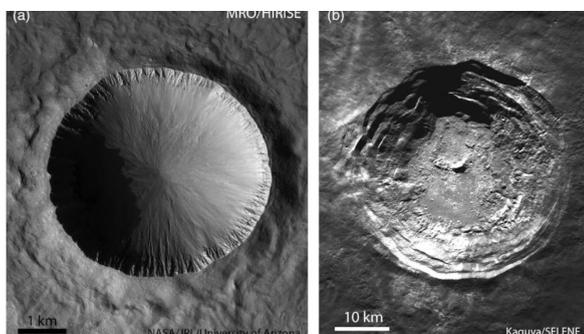
«Туман» – подумал Ёжик и почувствовал себя как дома.

Остров ему сразу понравился, и он решил ненадолго отделиться от группы и побродить в естественных для него синоптических условиях. Он брёл всё дальше и дальше, уходя вглубь острова, туда, где туман становился всё более и более густым, а крики чаек всё тише и тише. А в какой-то момент, точно неизвестно какой, ведь Ёжик, как всегда, потерял счёт времени, он практически споткнулся о слабо протоптанную тропинку. Ёжик обрадовался ей, ведь помимо времени он уже довольно давно потерял и дорогу. И даже компас, подаренный одним из джентльменов, не мог ему помочь, т.к. его стрелка довольно флегматично ходила по кругу так, словно она в детстве мечтала стать секундной, а вовсе не стрелкой компаса.

Ёжик побрёл по извилистой тропинке и представлял, что это не она так сильно петляет причудливыми зигзагами, а мир вокруг. Он шёл долго, очень долго, но в какой-то момент заметил, что туман стал рассеиваться, а стрелка компаса успокаиваться. Она уже не крутилась так, будто она стрелка от часов, а показывала всё время одно и то же направление – вдоль извилистой тропы. Ёжик продолжил идти и вскоре, в уже слабой дымке тумана он увидел купол обсерватории. Никогда в жизни он не был ещё так счастлив, как в этот момент. Его лапки засеменяли трясинкой, а обсерватория, которая не петляла так, как мир вокруг приближалась всё быстрее и быстрее.

Внутри обсерватории никого не оказалось, но было очень уютно. Ёжик первым делом посмотрел в телескоп и увидел, что он настроен на какую-то планету, поверхность которой была украшена кратерами самых разных размеров.

Он посмотрел на стол и рядом с чашкой еще горячего чая он увидел черно-белые фотографии кратеров и аккуратные расчёты на листах пожелтевшей бумаги. Ёжик с трудом вскарабкался на высокий табурет и стал их внимательно изучать.



Часть 1. Объем кратера

В данной работе изучается процесс формирования ударных кратеров. Для построения модели рассмотрим столкновение метеорита массы m и плотности δ с планетой поверхность которой представляет собой породы плотностью ρ и прочностью Y (Па). Метеориты налетают со скоростью u по нормали к поверхности. Ускорение свободного падения g .

Будем считать, что объём кратера V зависит от 6 заданных выше параметров:

$$V = V(m, u, \delta, Y, \rho, g)$$

1. (1 балл) Используя метод размерностей, предложите 4 независимых безразмерных комбинации, включающие $V, m, u, \delta, Y, \rho, g$. При этом каждый из параметров V, ρ, g, Y должен задавать свою отдельную комбинацию в которую он входит в первой степени и в других комбинациях он не появляется.
2. (1 балл) Воспользуемся «расширенным» методом размерностей, т.е. различающим единицы длины по координатам. К примеру, объём $[V] = [L_x][L_y][L_z]$, а давление $[p] = [F][L_x]^{-1}[L_y]^{-1}$, где $[F]$ – это размерность силы нормального давления. Применяя этот метод и указания п.1, получите все безразмерные комбинации размерных величин. В какой степени входит безразмерная комбинация, содержащая величину g ?
3. (0 баллов) Дайте физическую интерпретацию каждой безразмерной комбинации из п.1 и п.2.
4. (1 балл) Используя результаты п.2, получите зависимость объёма кратера V от параметров $(m, u, \delta, Y, \rho, g)$ с точностью до множителя.

Ёжик зафыркал от восторга и стал более подробно изучать фотографии кратеров с различных космических объектов и записи о метеоритах, которые их создали. Через некоторое время он собрал достаточное количество данных, чтобы продолжить исследования Неизвестного Автора.

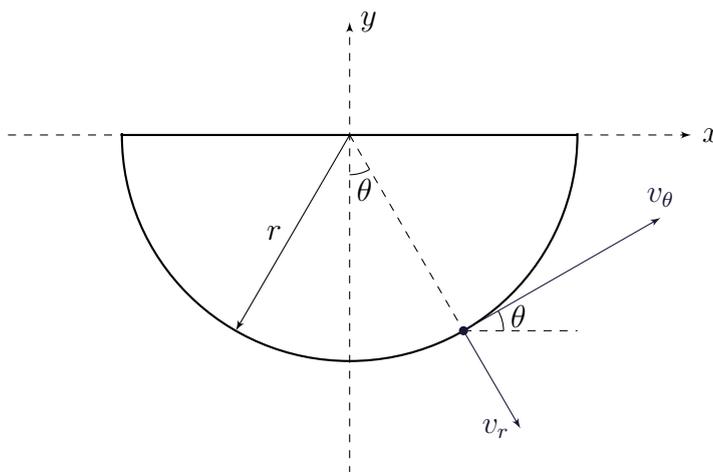
5. (3 балла) С помощью таблицы, составленной Ёжиком, определите показатели степеней в уравнении, полученном в п.4. Ёжик отобрал метеориты приблизительно одинаковых размеров, а кратеры в виде сферических лунок с радиусом поперечного сечения на поверхности планеты R и глубины h .

№	$R, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$\delta, \text{ кг/м}^3$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$u, \text{ км/с}$	$Y, \text{ МПа}$
1	804	131	4270	3122	9	9,9875
2	307	43	4500	3290	2	10,5255
3	1800	490	4472	3270	51	10,46
4	7800	810	4308	3150	199	10,0766
5	926	132	4904	1477	9	11,4705
6	813	115	2000	1972	9	4,678
7	1311	259	2000	1477	12,4	10
8	19989	2780	3565	1880	250	56,7009

Часть 2. Скорость разлёта породы

В заметках Неизвестного Автора также изучалась скорость осколков породы сразу после удара. Начало координат располагалось в точке удара метеорита о поверхность планеты. В модели рассматривались осколки, которые образуются на сфере радиуса r с центром в начале координат. Известно, что начальная радиальная скорость осколков равна $v_r = A/r^m$, где A – размерная константа, а степень $m \in (2; 3)$.

1. (3 балла) Считая, что разлёт осколков можно описывать моделью несжимаемой жидкости, найдите $v_\theta(r, \theta)$.
2. (1 балл) Пренебрегая на начальном этапе влиянием гравитации, определите уравнение для траектории в полярных координатах $r(\theta)$.



Если вы участвуете за 2 класса (9й и 10й) вам нужно сдать работу только в гуглклассе 10го класса, прислав все пункты обеих задач. Если вы сначала решаете задачу за 9й класс, то неприсланные пункты задачи 10го класса будут оцениваться как инкорректы.

Первая подсказка — 20.05.2024 20:00 (МСК)

Вторая подсказка — 22.05.2024 12:00 (МСК)

Окончание четвертого тура — 24.05.2024 20:00 (МСК)

Разбор четвертого тура — 24.05.2024 20:00 (МСК)