

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Вариант № 149

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (B1–B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3–B5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При выполнении заданий B3–B5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
электрический заряд	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность

подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3
алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3
железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3
ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

Нормальные условия: давление 10^5 Па , температура 0°C

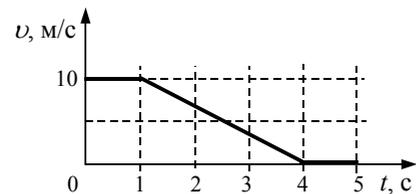
Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1



На рисунке представлен график зависимости скорости v автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 5 с.

- 1) 20 м 2) 10 м 3) 15 м 4) 25 м

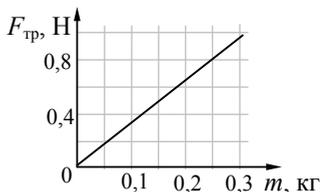
A2

Мяч, неподвижно лежавший на полу вагона поезда, движущегося относительно Земли, покатился вперед по ходу поезда. Это произошло в результате того, что скорость поезда относительно Земли

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась
- 4) изменилась по направлению

A3

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{тр}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Согласно графику, в этом исследовании коэффициент трения приблизительно равен



- 1) 0,02 2) 0,12 3) 0,32 4) 0,40

A4

Два маленьких шарика с одинаковой массой m находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой F . Какова сила гравитационного притяжения двух других шариков, если масса каждого из них $2m$, а расстояние между их центрами $2r$?

- 1) F 2) $2F$ 3) $\frac{F}{4}$ 4) $\frac{F}{2}$

A5

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту, причем масса автомобиля $m_1 = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и автомобиля относительно уровня воды равно 2,5?

- 1) 2500 кг 2) 4500 кг 3) 5000 кг 4) 6250 кг

A6

Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 1 с. Каким будет период ее колебаний, если массу груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?

- 1) 1 с 2) 2 с 3) 4 с 4) 0,5 с

A7

На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения скольжения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 20 Н. При этом ящик

- 1) останется в покое
- 2) будет двигаться равномерно
- 3) будет двигаться с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$
- 4) будет двигаться с ускорением 1 м/с^2

A8

Когда надутый и завязанный воздушный шарик морозным днем вынесли на улицу, он уменьшился в размерах. Это объясняется тем, что в воздухе внутри шарика

- 1) уменьшились размеры молекул
- 2) уменьшилось число молекул
- 3) уменьшилась кинетическая энергия молекул
- 4) молекулы распались на атомы

A9

Котелок с водой, накрытый крышкой, поставили на газовую плиту. Если с котелка снять крышку, то вода будет нагреваться до закипания дольше, чем если бы он остался накрыт. Этот факт объясняется тем, что

- 1) без крышки давление насыщенного пара в пузырьках должно быть выше из-за влияния атмосферы
- 2) под крышкой давление воздуха и пара над поверхностью воды выше
- 3) без крышки увеличивается теплоотдача от воды к окружающему воздуху
- 4) крышка металлическая, поэтому она улучшает теплообмен воды с атмосферным воздухом

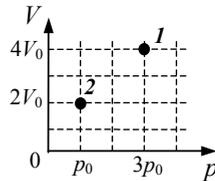
A10 В каком случае внутренняя энергия жидкости не изменяется?

- 1) при переливании ее в сосуд другой формы
- 2) при нагревании сосуда с жидкостью
- 3) при увеличении количества жидкости
- 4) при сжатии жидкости в сосуде

A11 Каково изменение внутренней энергии газа, если ему передано количество теплоты 30 Дж, а внешние силы совершили над ним работу 50 Дж?

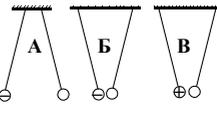
- 1) 20 Дж
- 2) 30 Дж
- 3) 50 Дж
- 4) 80 Дж

A12 В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



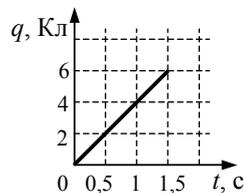
- 1) $T_2 = \frac{1}{6}T_1$
- 2) $T_2 = 6T_1$
- 3) $T_2 = \frac{2}{3}T_1$
- 4) $T_2 = \frac{3}{2}T_1$

A13 На рисунке изображены три пары одинаковых легких шариков, заряды которых равны по модулю. Шарики подвешены на шелковых нитях. Знак заряда одного из шариков каждой пары указан на рисунке. В каком(-их) случае(-ях) заряд другого шарика положителен?



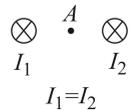
- 1) только А
- 2) Б и В
- 3) только Б
- 4) А и В

A14 По проводнику течет постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, возрастает с течением времени согласно графику. Сила тока в проводнике равна



- 1) 1 А
- 2) 1,5 А
- 3) 4 А
- 4) 6 А

A15 На рисунке показаны сечения двух параллельных проводников и направления токов в них. Вектор магнитной индукции в точке А, расположенной на середине отрезка, соединяющего проводники,



- 1) равен 0
- 2) направлен вниз ↓
- 3) направлен вверх ↑
- 4) направлен по направлению токов

A16 Колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью С и катушки индуктивностью L. Если емкость конденсатора уменьшить в 2 раза, а индуктивность катушки в 2 раза увеличить, то период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A17 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом уменьшили на 20°. Угол между зеркалом и отраженным лучом

- 1) увеличился на 20°
- 2) увеличился на 10°
- 3) уменьшился на 20°
- 4) уменьшился на 10°

A18 На пути параллельного пучка монохроматического света поместили тонкую проволоку. На экране вместо простой тени от проволоки наблюдается чередование светлых и темных полос, параллельных проволоке. Данное явление связано с

- 1) дифракцией света
- 2) дисперсией света
- 3) поляризацией света
- 4) отражением света

A19 Две частицы, отношение зарядов которых $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{2}$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найдите отношение масс частиц $\frac{m_2}{m_1}$, если их кинетические энергии одинаковы, а отношение радиусов траекторий $\frac{R_2}{R_1} = 2$.

- 1) 1 2) 2 3) 8 4) 4

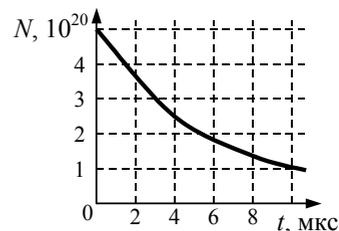
A20 Как нужно изменить частоту световой волны, чтобы энергия фотона в световом пучке увеличилась в 1,5 раза?

- 1) уменьшить в 1,5 раза
 2) увеличить в 1,5 раза
 3) уменьшить в 2,25 раза
 4) увеличить в 2,25 раза

A21 Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 100% 2) 75% 3) 50% 4) 25%

A22 Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер полония $^{213}_{84}\text{Po}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа?



- 1) 8 мкс
 2) 2 мкс
 3) 6 мкс
 4) 4 мкс

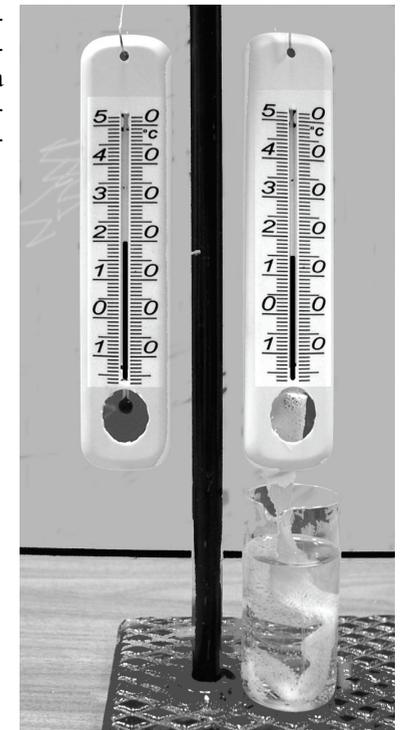
A23 Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии фотоэлектронов с помощью измерения напряжения, задерживающего их. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение U, В	0,4	1,2
Частота света ν , 10^{14} Гц	5,5	7,3

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1) $6,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 2) $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 3) $7,1 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 4) $6,0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

A24 На фотографии представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность воздуха указана в процентах.



Психрометрическая таблица

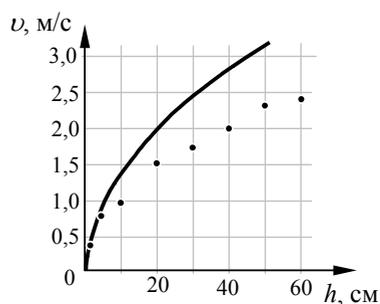
t _{сух. терм} °C	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44

Относительная влажность воздуха в помещении, в котором проводилась съемка, равна

- 1) 59% 2) 66% 3) 63% 4) 44%

A25

В результате теоретических расчетов ученик пришел к следующему выводу: если тело соскальзывает без трения по наклонной плоскости с некоторой высоты h , то приобретаемая им скорость $v = \sqrt{2gh}$. Далее ученик провел эксперимент: измерял скорость металлического цилиндра при скатывании его по наклонной плоскости с разных высот. График теоретически предсказанной зависимости $v(h)$ приведен на рисунке. Там же отмечены результаты измерений. Какой вывод можно сделать из эксперимента?

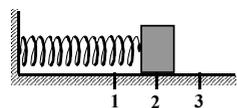


- 1) Погрешность измерения высоты оказалась слишком большой, чтобы проверить правильность расчетов.
- 2) Экспериментальная установка не соответствует теоретической модели, используемой при расчете.
- 3) Законы механики неприменимы в данном случае.
- 4) С учетом погрешности измерений эксперимент подтвердил теоретические расчеты.

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и других символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1



Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются потенциальная энергия маятника, скорость груза и жесткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 3?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия маятника	Скорость груза	Жесткость пружины

В2

Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны – ν , длина световой волны в воде – λ , показатель преломления воды относительно воздуха – n . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ФОРМУЛЫ

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| А) скорость света в воздухе | 1) $\lambda \cdot \nu$ |
| Б) скорость света в воде | 2) $\frac{\lambda}{\nu}$ |
| | 3) $\lambda \cdot \nu \cdot n$ |
| | 4) $\frac{\lambda}{\nu} \cdot n$ |

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3

Автомобиль совершает поворот на горизонтальной дороге по дуге окружности радиуса 81 м. Какова максимальная скорость автомобиля при коэффициенте трения автомобильных шин о дорогу 0,4?

В4

При температуре 10°C и давлении 10⁵ Па плотность газа равна 2,5 кг/м³. Какова молярная масса газа? Ответ выразите в г/моль и округлите до целых.

В5

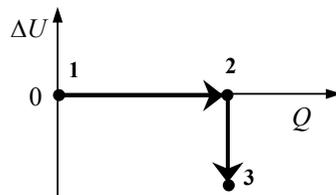
При коротком замыкании выводов гальванической батареи сила тока в цепи 0,45 А. При подключении к выводам батареи электрической лампы сила тока в цепи 0,225 А, а напряжение на лампе 4,5 В. Найдите внутреннее сопротивление гальванической батареи.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания C1–C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

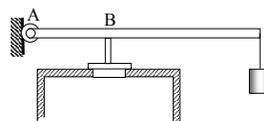
C1 В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ. Его переводят из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3, как показано на рисунке (ΔU — изменение внутренней энергии газа, Q — переданное ему количество теплоты). Меняется ли объем газа в процессе проведения опыта, и если меняется, то как? Ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



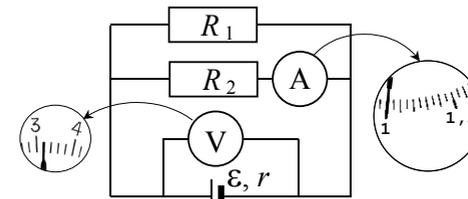
Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численными ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

C2 В безветренную погоду самолет затрачивает на перелет между городами 6 часов. Если во время полета дует боковой ветер со скоростью 20 м/с перпендикулярно линии полета, то самолет затрачивает на перелет на 9 минут больше. Найдите скорость самолета относительно воздуха, считая ее постоянной.

C3 В цилиндр объемом $0,5 \text{ м}^3$ закачивается воздух со скоростью $0,002 \text{ кг/с}$. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии невесомым стержнем длиной $0,5 \text{ м}$, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке А (см. рисунок). Расстояние АВ равно $0,1 \text{ м}$. К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг . Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К . Определите площадь отверстия, закрытого клапаном.



C4 При проведении лабораторной работы ученик собрал электрическую цепь по схеме на рисунке. Сопротивления R_1 и R_2 равны 6 Ом и 3 Ом соответственно. Сопротивление вольтметра равно 5 кОм , а амперметра — $0,05 \text{ Ом}$. ЭДС источника равна 4 В , а его внутреннее сопротивление — $0,5 \text{ Ом}$.



На рисунке приведены шкалы приборов с показаниями, которые получил ученик. Исправны ли приборы или же какой-то из них даёт неверные показания?

C5 В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности $I_m = 5 \text{ мА}$, а амплитуда напряжения на конденсаторе $U_m = 2,0 \text{ В}$. В момент времени t напряжение на конденсаторе равно $1,2 \text{ В}$. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

C6 На рисунке представлены энергетические уровни электронной оболочки атома и указаны частоты фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах между ними. Какова длина волны фотонов, поглощаемых при переходе с уровня E_1 на уровень E_4 , если $\nu_{13} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, $\nu_{24} = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$?

