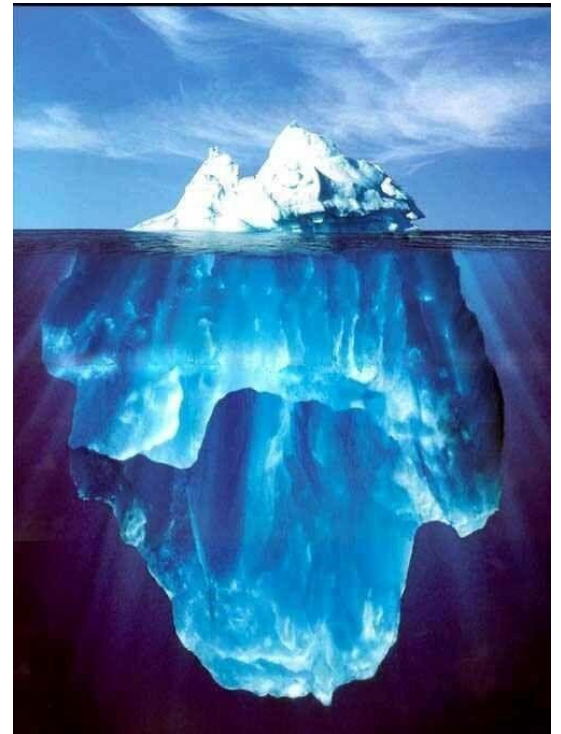


# Плавление

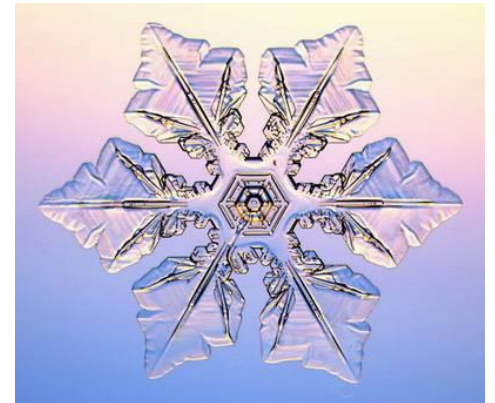
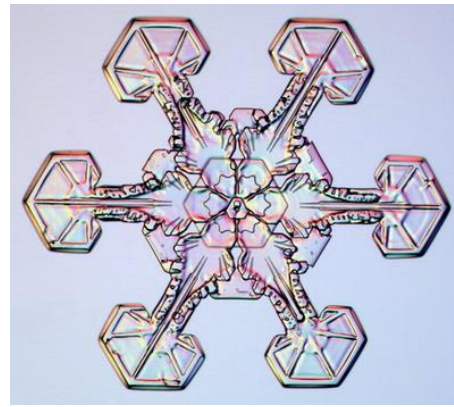
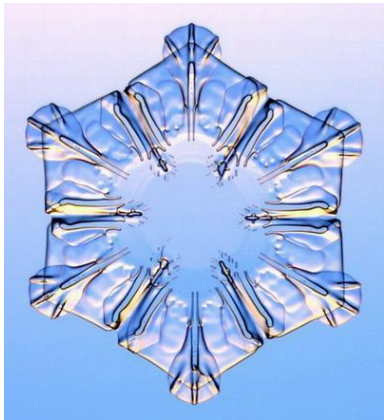
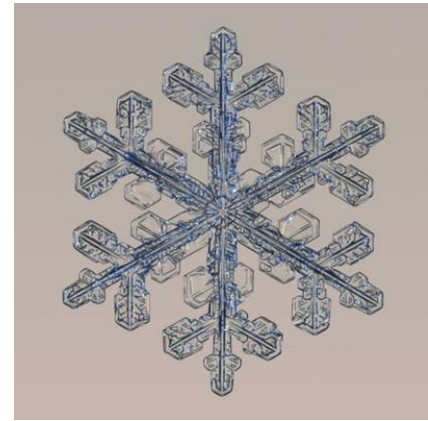
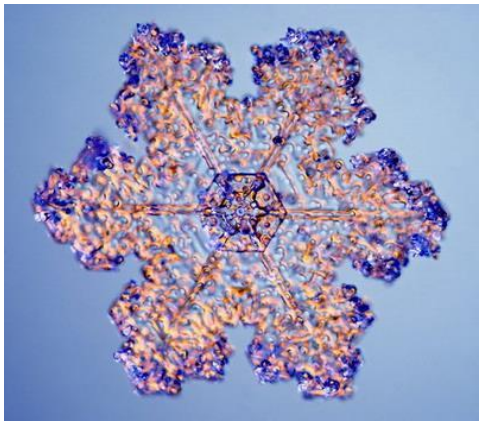
## Расчет количества теплоты при плавлении

Мартемьянова Татьяна Юрьевна  
учитель физики  
ГБОУ ФМЛН №239 г. Санкт-Петербург



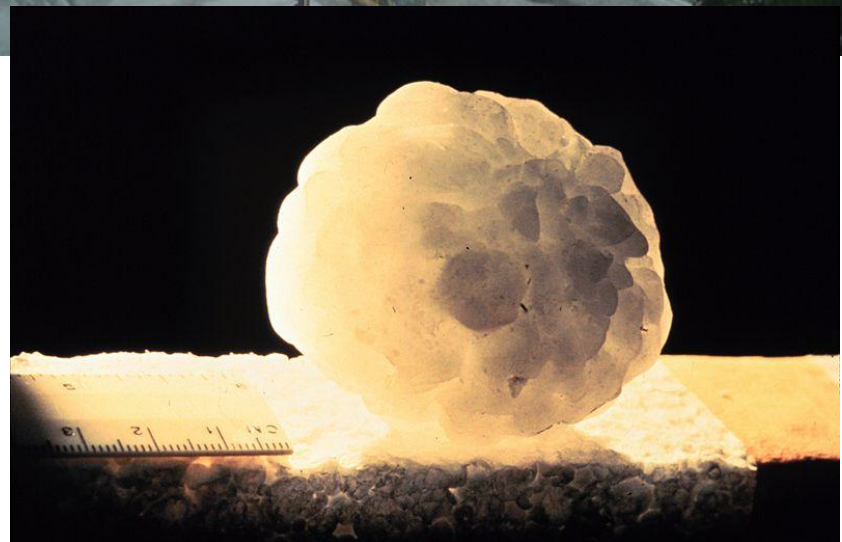








# СНЕГ И ГРАД





# ЛЕДЯНОЙ ДОЖДЬ

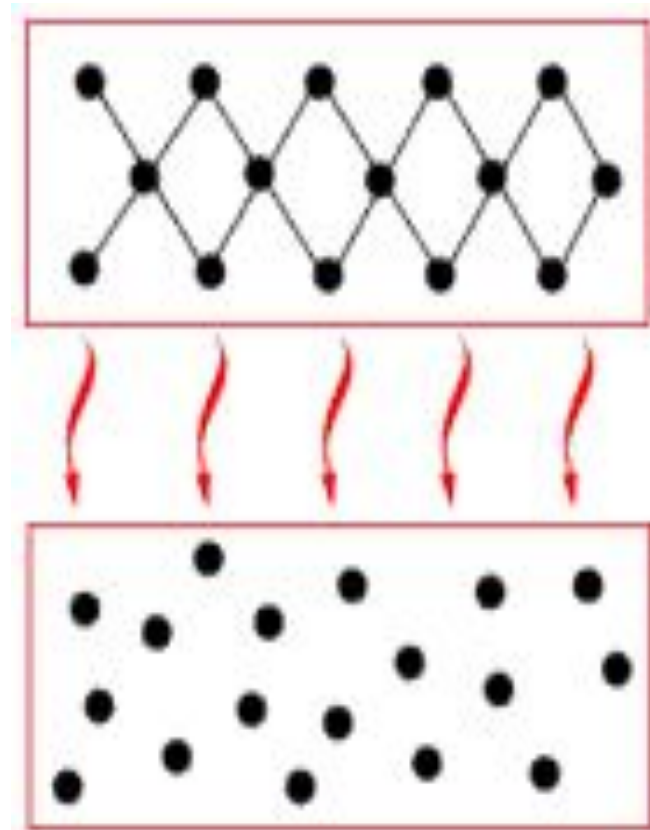


# ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- Плавление – это процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое. Сопровождается поглощением энергии извне и увеличением внутренней энергии.
- Кристаллизация – процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое. Сопровождается выделением энергии вовне и уменьшением внутренней энергии.

# МЕХАНИЗМ ПЛАВЛЕНИЯ

- В результате нагревания молекулы вещества получают энергию и начинают двигаться быстрее.
- При дальнейшей передаче тепла наступает момент, когда силы притяжения между молекулами не в состоянии удержать их на одном месте, они начинают перескакивать с одного места на другое.
- Процесс плавления вещества происходит как результат разрушения его кристаллической решетки.



# ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ

Вещество	Температура плавления, °С
Азот	-210,0
Алюминий	660,1
Аммиак	-77,7
Висмут	271,3
Вода	0
Кислород	-218,8
Медь	1083
Олово	231,9
Парафин	54
Водород	-259,2
Вольфрам	3416
Глицерин	18,4
Железо чистое	1535
Золото	1063
Ртуть	-38,87
Свинец	327,4
Серебро	960,8
Серная кислота	10,5

В каком агрегатном состоянии находятся вещества при нормальных условиях ( $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 100000 \text{ Па}$ )?



<b>Температура</b>  <b>Твердые куски будут тонуть в своем расплаве</b>	<b>Плотность алюминия</b> 	<b>Плотность золота</b> 	<b>Плотность серебра</b> 
<b>20</b>	2,7	19,00	10,5
<b>660</b>	2,380	?	?
<b>900</b>	2,315	?	9,30
<b>1100</b>	2,261	17,24	9,20
<b>1200</b>	?	17,12	?
<b>1300</b>	?	17,00	9,00
<b>Температура плавления</b>	<b>660,5</b>	<b>1064</b>	<b>962</b>
<b>Температура кипения</b>	<b>2089</b>	<b>2807</b>	<b>2212</b>

**Температура**

**Плотность воды**



**Плотность  
висмута**



**Твердые куски будут всплывать в своем расплаве**

<b>- 4</b>	0,99945	19,00
<b>0</b>	0,99987	?
<b>4</b>	1,00000	?
<b>20</b>	0,99997	9,8
<b>300</b>	-	10,03
<b>600</b>	-	9,66
<b>962</b>	-	9,20
<b>Температура плавления</b>	<b>0</b>	<b>271,3</b>
<b>Температура кипения</b>	<b>100</b>	<b>1564</b>



# ПЛАВЛЕНИЕ И ОТВЕРДЕВАНИЕ

**Плавление**

**Поглощается**, идет на разрушение

**Увеличивается**  
**я**

$$Q > 0$$

**Q**

**кристаллической  
решетки**

$$t_{пл}^0 = t_{кр}^0 = const$$

**Уменьшается**

$$Q < 0$$

$$\Delta U < 0$$

**Кристаллизация**

**Выделяется** при  
восстановлении

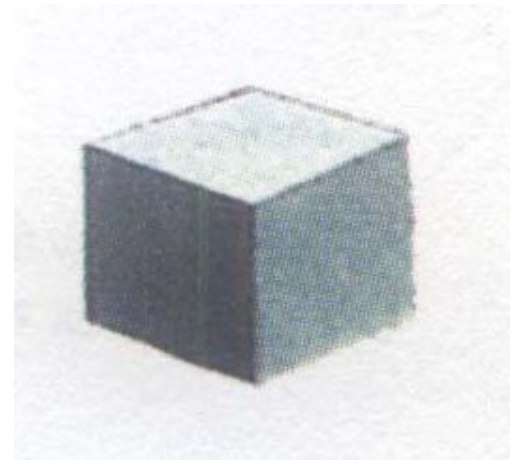


# УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

- Количество теплоты, которое принимает 1 кг данного вещества при его превращении в жидкость при температуре плавления  $t^{\circ}_{\text{пл}}$ , называется **удельной теплотой плавления вещества.**

$$[\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

«лямбда»





вещество	удельная теплота плавления	$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
алюминий	$3,9 \cdot 10^5$	
лед	$3,4 \cdot 10^5$	
железо	$2,7 \cdot 10^5$	
медь	$2,1 \cdot 10^5$	
парафин	$1,5 \cdot 10^5$	
спирт	$1,1 \cdot 10^5$	
серебро	$0,87 \cdot 10^5$	
сталь	$0,84 \cdot 10^5$	
золото	$0,67 \cdot 10^5$	
водород	$0,59 \cdot 10^5$	
олово	$0,59 \cdot 10^5$	
свинец	$0,25 \cdot 10^5$	
кислород	$0,14 \cdot 10^5$	
ртуть	$0,12 \cdot 10^5$	

# ДАВАЙТЕ ПОРАССУЖДАЕМ!

- Чтобы расплавить (кристаллизовать) тело массой 1 кг требуется сообщить (отнять) количество теплоты, равное  $\lambda$
- Чтобы расплавить (кристаллизовать) тело массой  $m$  кг требуется сообщить (отнять) количество теплоты, равное  $\lambda m$
- Чтобы превратить в жидкость твердое тело массой  $m$  кг, взятого при  $t < t_{пл}$  требуется **сначала нагреть его до  $t_{пл}$**
- Чтобы кристаллизовать жидкость массой  $m$  кг, взятой при  $t > t_{пл}$  требуется **сначала охладить его до  $t_{пл}$**



# ФОРМУЛА

$$Q_{\text{получ}} = \lambda \cdot m$$

$$Q_{\text{отд}} = -\lambda \cdot m$$

$[\lambda] = 1 \text{ Дж/кг}$  – удельная теплота  
плавления (кристаллизации) вещества

$[m] = 1 \text{ кг}$  – масса вещества

# ПЛАВЛЕНИЕ и ОТВЕРДЕВАНИЕ

При плавлении вещество получает энергию, его внутренняя энергия увеличивается, и кристаллическая решетка разрушается.

$$Q_{\text{получ}} = \lambda \cdot m$$

При кристаллизации у вещества забирают энергию, его внутренняя энергия уменьшается, и кристаллическая решетка восстанавливается.

$$|Q_{\text{отд}}| = \lambda \cdot m$$



# АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ

$$Q = \lambda m$$

$$m = ?$$

$$\lambda = ?$$

$$m = \frac{Q}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

# ЭКСПЕРИМЕНТ

- Нагревание бумажной полоски на деревянном цилиндре с кнопкой.
- Обсуждение результата.

1. Что является количественной мерой процесса теплопередачи?

Количество теплоты  $Q$

2. От чего зависит приращение внутренней энергии при плавлении (кристаллизации)?

при плавлении  
твердых тел,  
при кристаллизации  
жидкостей

зависит от массы и рода вещества

3. Как определить количество теплоты при плавлении (кристаллизации) тела?

4. От чего зависит знак  $Q$  ?

*если  $U_2 > U_1$ , то  $Q > 0$*

*если  $U_2 < U_1$ , то  $Q < 0$*

$$Q = \lambda m$$



5. Что показывает удельная теплота плавления вещества  $\lambda$ ?

удельная теплота плавления показывает какое количество теплоты получает или отдает 1 кг вещества при плавлении (отвердевании) при температуре плавления  $t_{пл}$  °С

$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

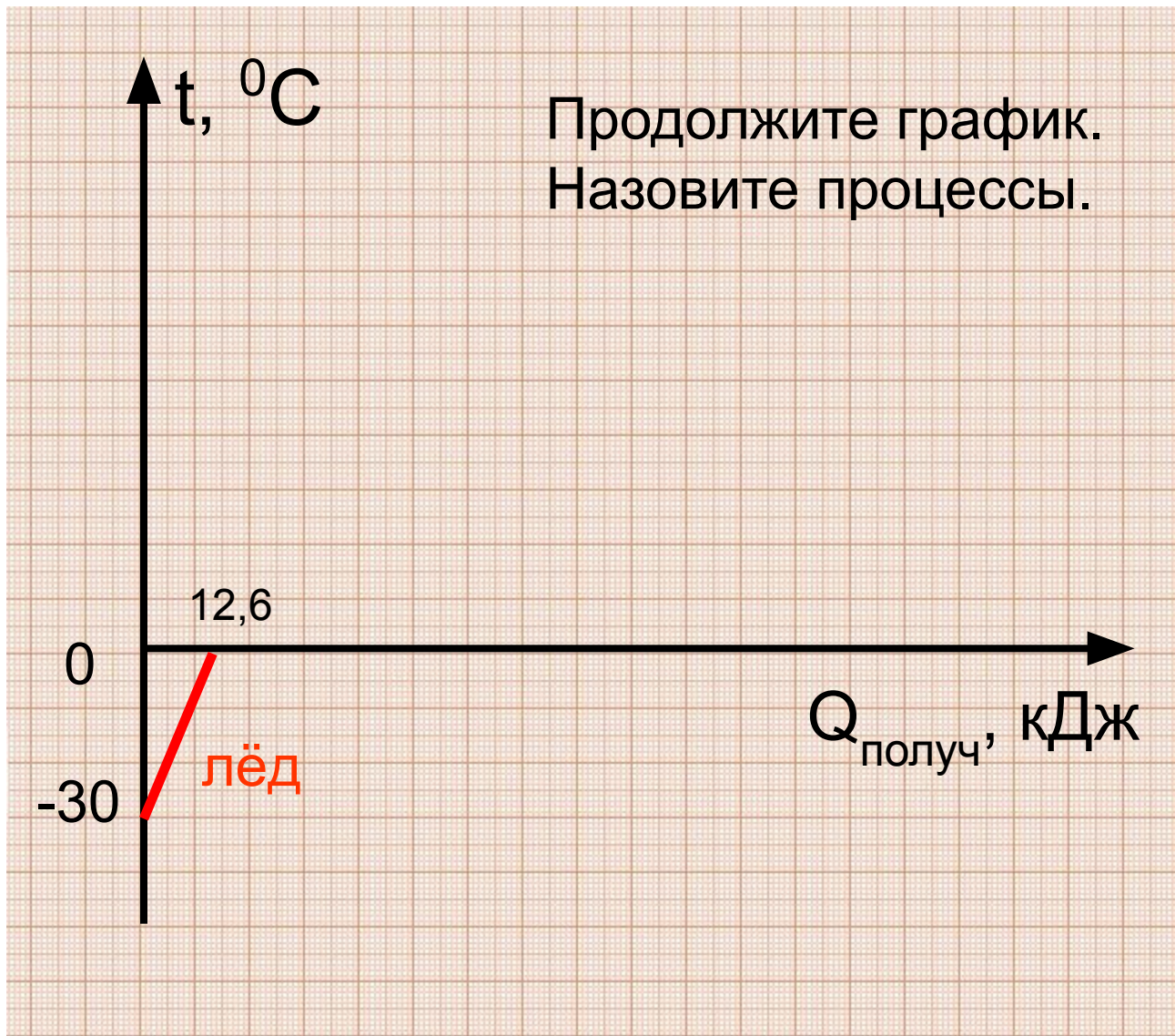
5. От чего она зависит?

1. От свойств вещества (состав вещества)
2. От условий протекания процесса (давления)

# ПОДУМАЙ И ОТВЕТЬ:

- Зачем в погребах в холодную погоду рядом с овощами ставят большие емкости с водой?
- Если в воду при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  бросить кусок льда при температуре  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , произойдет заметное увеличение массы льда. Кристаллизация воды сопровождается выделением значительного количества теплоты, почему же при этом вода не нагревается?

# ПОДУМАЙ И ОТВЕТЬ:





# РЕШЕНИЕ:

Было:

лёд  $m$   
 $t_1 = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_{1\text{получ}} = c_1 m_1 \Delta t_1 = 2100 \cdot m \cdot 30 = 12600$$

$$k\mathcal{E} = \frac{12600}{63000} = 0,2 ( \quad )$$

Стало:

лёд  $m$   
 $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_{2\text{получ}} = \lambda \cdot m = 334000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,2 = 66800 \text{ Дж} = 66,8 \text{ кДж}$$

Потом:

вода  $m$   
 $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_{3\text{получ}} = c_2 m_2 \Delta t_2 =$$

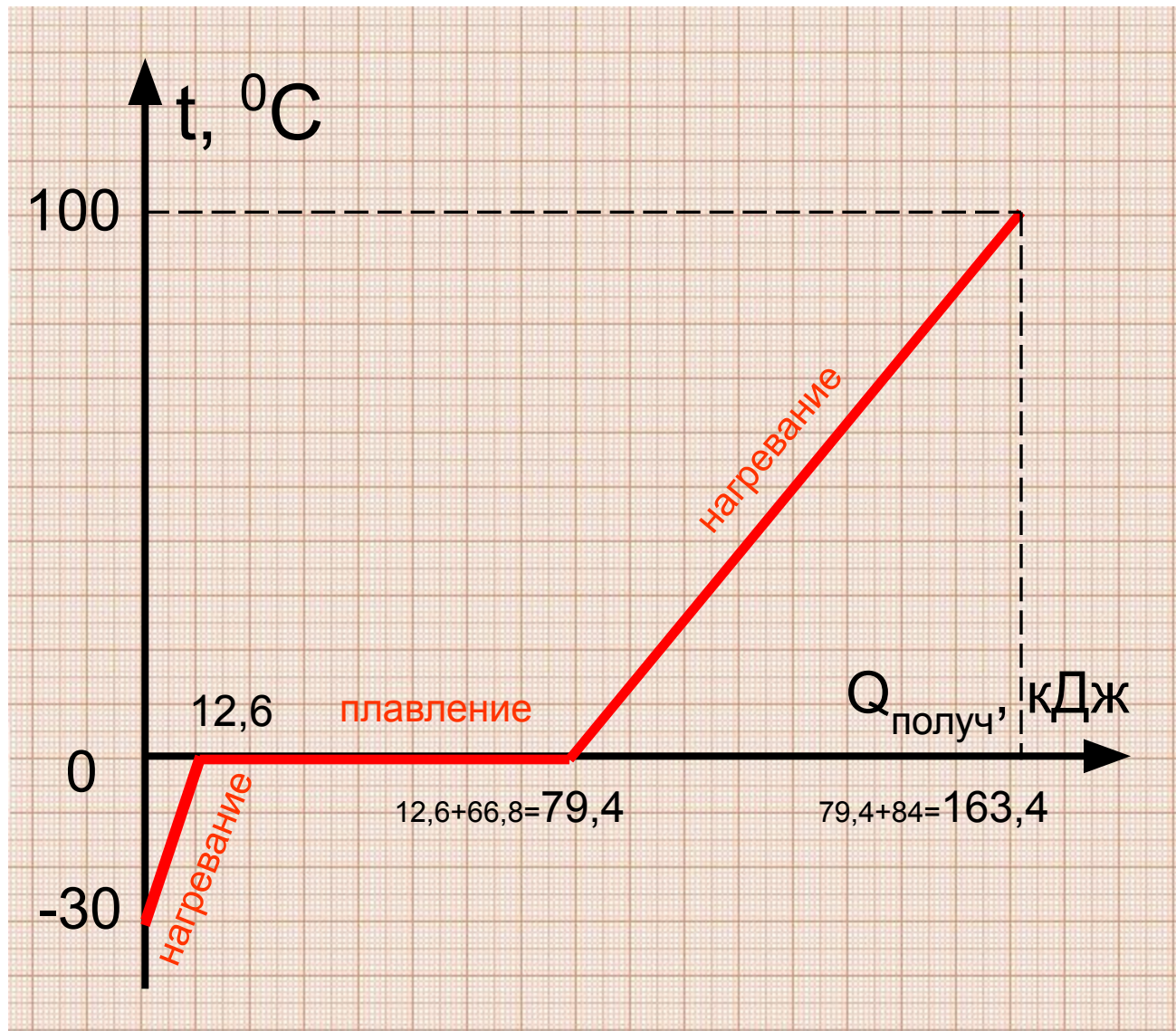
$$= 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 100\text{ }^{\circ}\text{C} =$$

Затем:

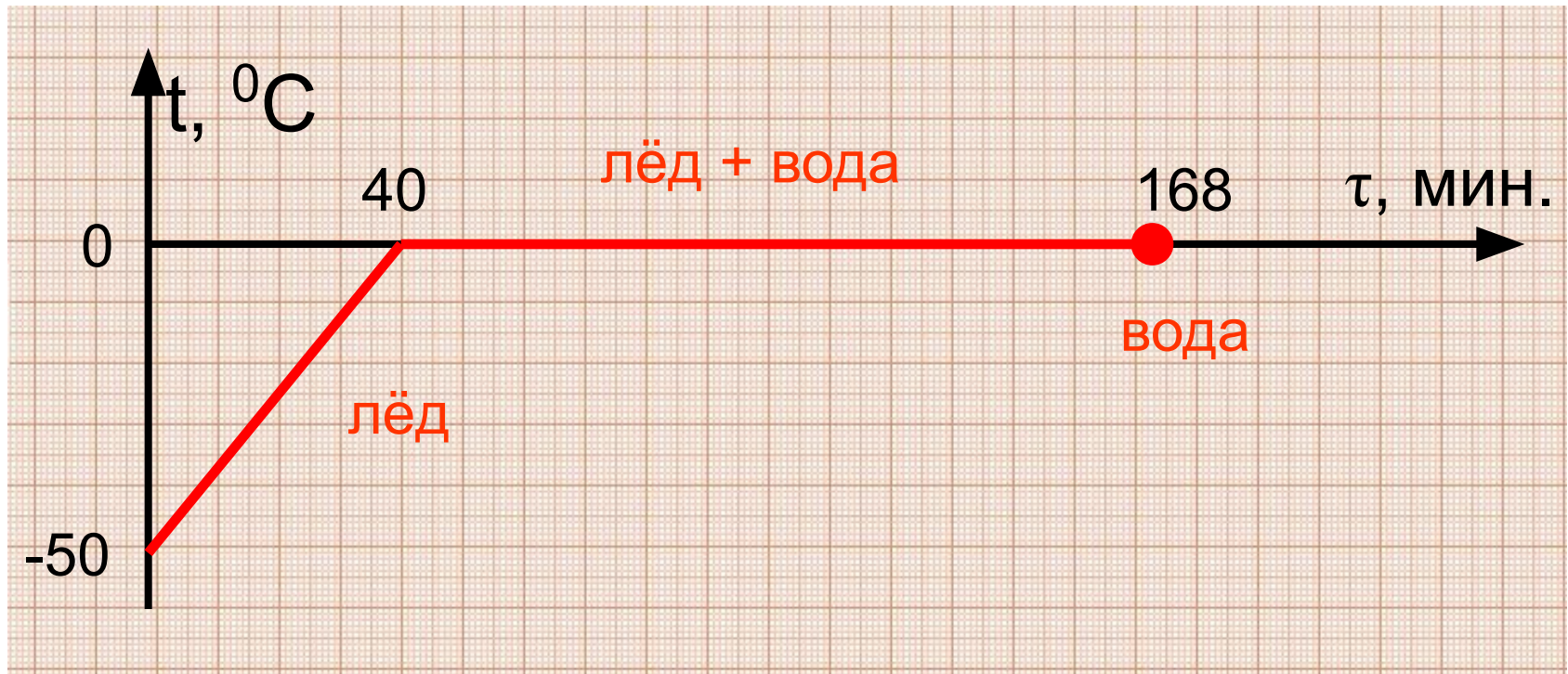
вода  $m$   
 $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$= 84000 \text{ Дж} = 84 \text{ кДж}$$

# ОТВЕТ:



# ПОДУМАЙ И ОТВЕТЬ:

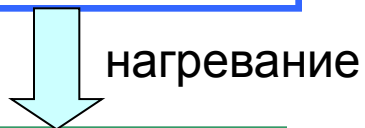
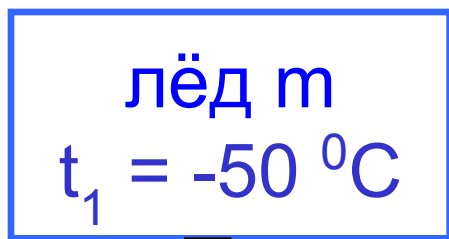


Определите удельную теплоту плавления льда. Полезная мощность нагревателя постоянная. В конце процесса весь лёд растаял,  $c = 2100 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$ .

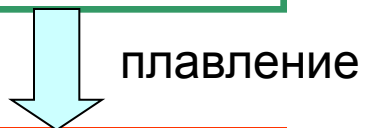
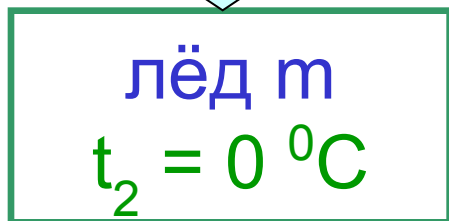


# РЕШЕНИЕ:

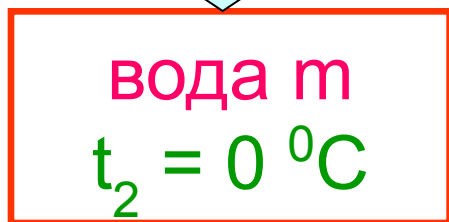
Было:



Стало:



Потом:



$$Q_{1\text{получ}} = 2100 \cdot m \cdot 50 = 105000 \cdot m$$

$$Q_{2\text{получ}} = \lambda \cdot m$$

$$P_1 = \frac{Q_1}{\tau_1} = \frac{105000 \cdot m}{2400}$$

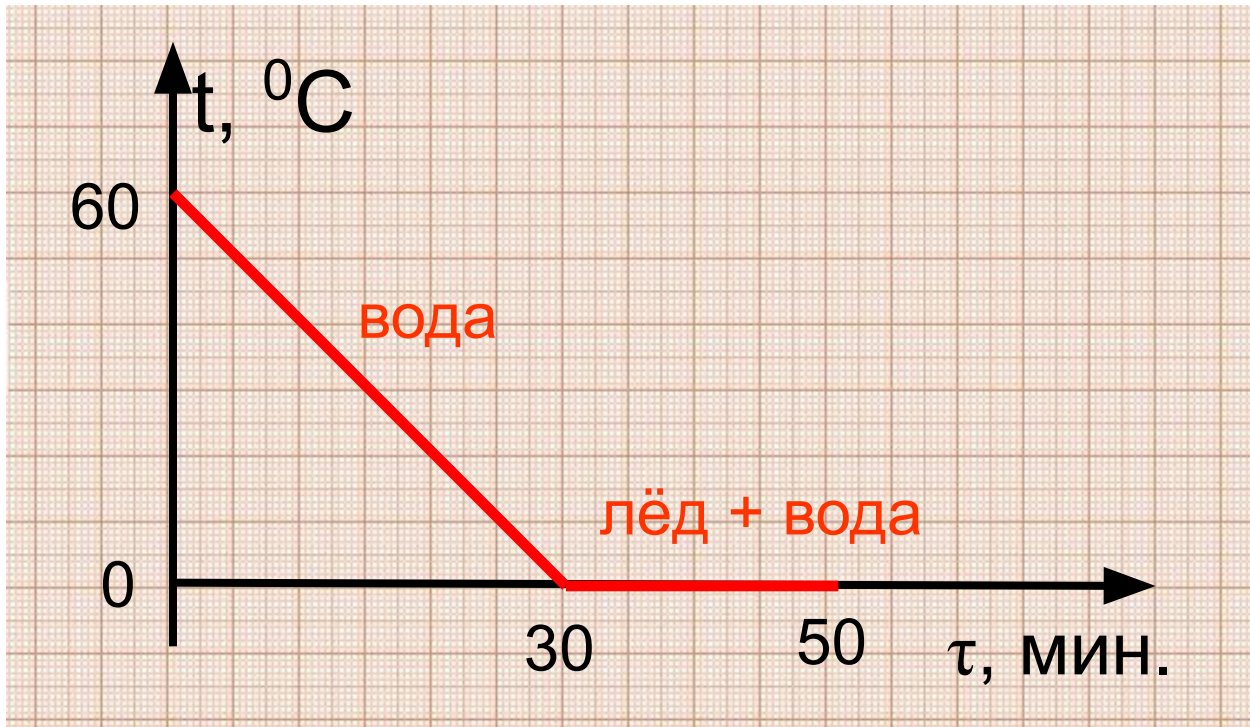
$$P_2 = \frac{Q_2}{\tau_2} = \frac{\lambda \cdot m}{7680}$$

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{105000 \cdot m}{2400} = \frac{\lambda \cdot m}{7680}$$

$$\lambda = \frac{105000 \cdot m \cdot 7680}{2400 \cdot m} = 336000 \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right)$$

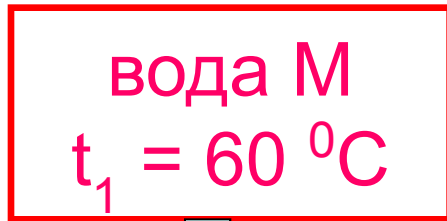
# ПОДУМАЙ И ОТВЕТЬ:



Определите массовую долю льда в мокром снеге.  
Полезная мощность холодильника постоянная,  $c = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 334 \text{ кДж/кг}$ .

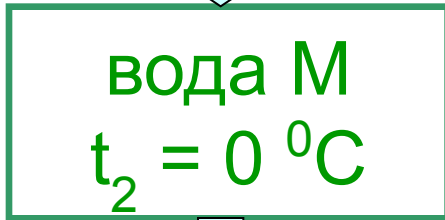
# РЕШЕНИЕ:

Было:



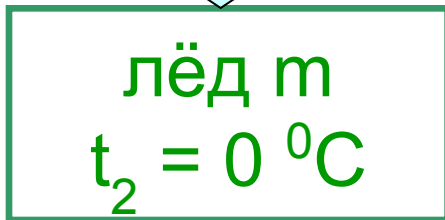
охлаждение

Стало:



отвердевание

Потом:



$$|Q_{1отд}| = 4200 \cdot M \cdot 60 = 252000 \cdot M$$

$$|Q_{2отд}| = 334000 \cdot m$$

$$P_1 = \frac{Q_1}{\tau_1} = \frac{252000 \cdot M}{1800}$$

$$P_2 = \frac{Q_2}{\tau_2} = \frac{334000 \cdot m}{1200}$$

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{252000 \cdot M}{1800} = \frac{334000 \cdot m}{1200}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{252000 \cdot 1200}{334000 \cdot 1800} \approx 0,50 = 50\%$$

# ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BD%D0%B5%D0%B3> снег
- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%91%D0%B4> лёд
- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B9%D0%B4%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D1%8C> ледяной дождь
- <http://www.rusactive.ru/useful/helpinfo/fizika>  
плотности веществ в твердом и жидком состояниях