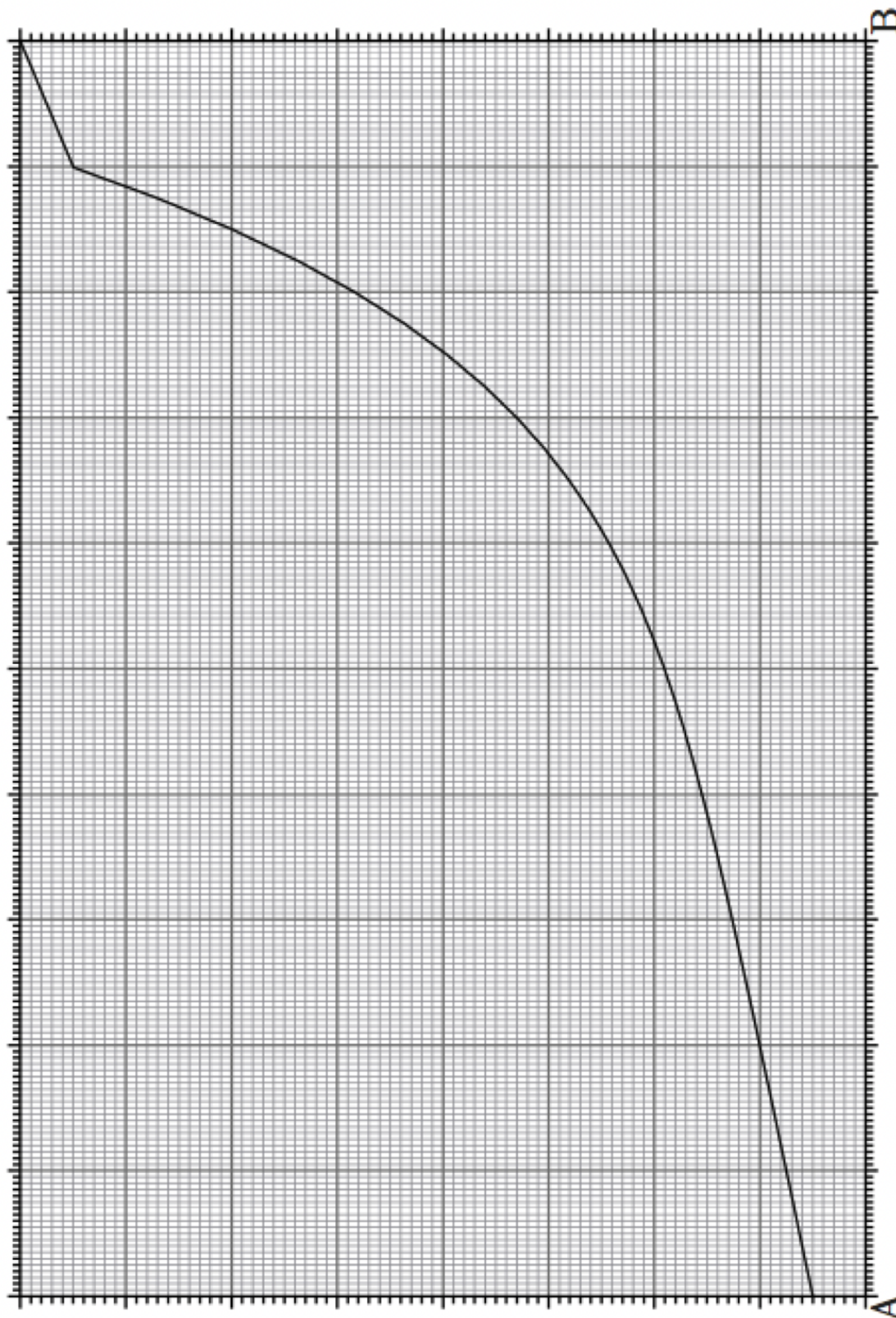


ЗАДАЧА 32. (Всеросс., 2017, финал, 10) На рисунке (см. [отдельный лист](#)) представлен график зависимости давления от температуры при изохорном нагревании для смеси воздуха и воды. Известно, что на одно маленькое деление по оси ординат приходится 20 торр (одна атмосфера равна 760 торр). Определите:

- 1) Температуру и давление в точках  $A$  и  $B$ .
- 2) Температуру, при которой испарилось 40% воды. Не забудьте описать метод получения результатов.

1)  $p_A = p_B = 400 \text{ торр}$ ,  $T_A = 200 \text{ К}$ ,  $T_B = 400 \text{ К}$ ; 2)  $(353 \pm 1) \text{ К}$

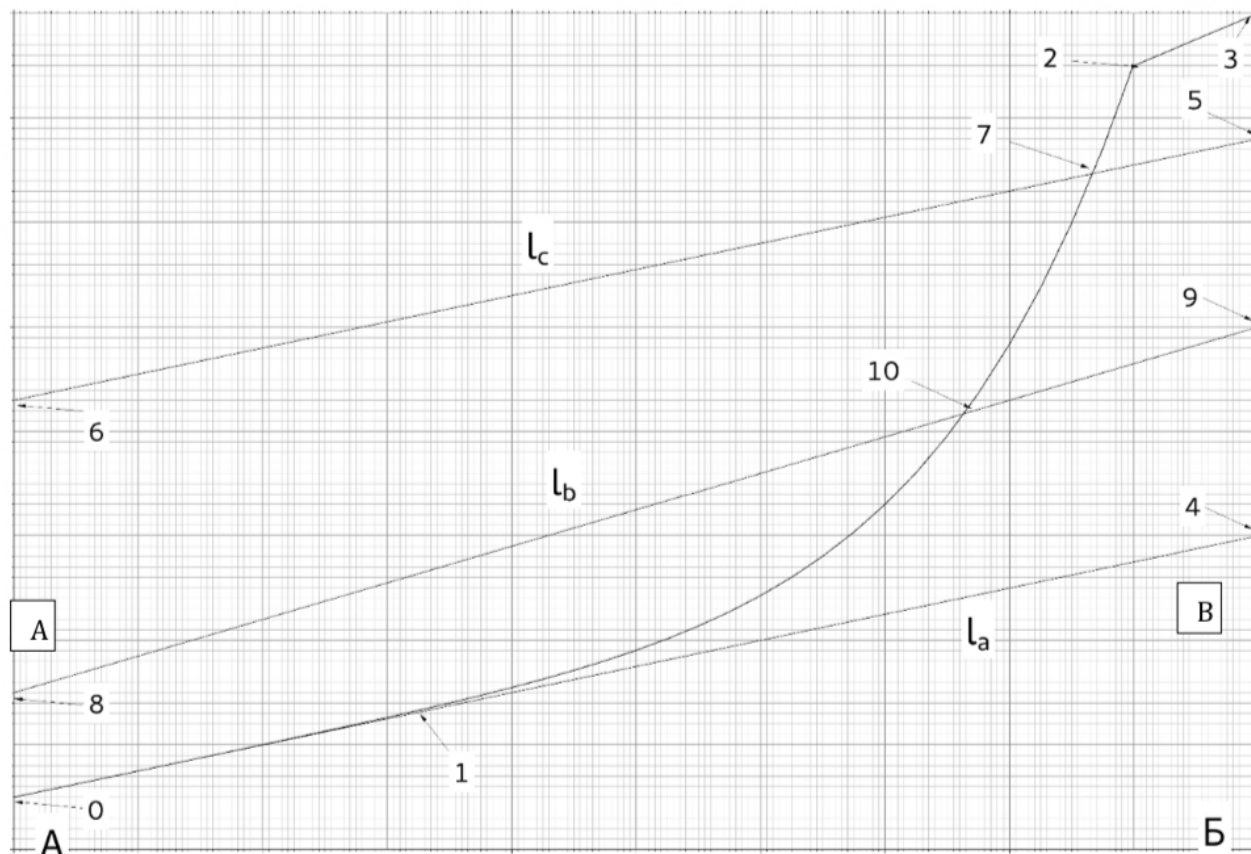


1. Анализируя график выделяем участки кривой:

(0-1) — давление насыщенных паров много меньше давления воздуха, смесь ведёт себя как идеальный газ,

(1-2) — активный процесс испарения воды,

(2-3) — испарение всей жидкости, и увеличение давления как у идеального газа.



При изохорическом нагреве давление идеального газа зависит от температуры по следующему закону:

$$p = \frac{\nu R}{V} T,$$

следовательно, коэффициент наклона прямой  $p(T)$  для идеального пропорционален количеству вещества в единице объема. На участке (2-3) коэффициент наклона в два раза больше коэффициента наклона (0-1), т. е. при полном испарении количество вещества удвоилось.

Строим касательную к участку (0-1) и она пересекает вертикальную ось в точке 4. Эта касательная  $l_a$  показывает зависимость парциального давления воздуха в смеси, и так как при испарении количество вещества удвоилось, то в точке 3 давление в два раза выше, чем в точке 4. С другой стороны между точками (3) и (4) 50 вертикальных деления по 20 торр, т. е. Их разница 1000 торр, и точка (3) имеет значение давления 2000 торр, (4) 1000 торр, а точка (0) имеет значение 500 торр. Давление в точках А и В равно 400 торр.

Так как давление в точке (4) в два раза больше давления в точке (0), то температура в точке (4) больше в два раза, чем в точке (0), значит их разница составляет  $T_0 = T_4/2$ , а количество маленьких делений по горизонтальной оси 200 дел.



Заметим, что разность между кривой смеси и прямой  $l_a$  дает давление насыщенных паров воды. Для воды мы знаем, что давление насыщенных паров при 100 С (373К) равно атмосферному, т. е. по условию задачи 760 торр, таким образом необходимо найти в какой точке давление смеси превышает давление воздуха на 760 торр, для этого проводим прямую  $l_c$  параллельную прямой  $l_a$  смещенную на 760 торр вверх, т. е. на 38 делений по вертикальной оси, т. е. Проходящая через точки (5) и (6). Эта прямая пересечёт кривую смеси в точке (7), температура которой будет составлять 100°C (373 К), и отстоит по горизонтальной оси на расстояние 173 клеточки от точки (0). Таким образом

$$\frac{T_4 - T_0}{200} = \frac{T_0}{200} = \frac{373 - T_0}{173} \Rightarrow T_0 = 200K \Rightarrow T_4 = 400K.$$

2. Заметим, что нам необходимо найти такую температуру, при которой давление превышает давление воздуха  $l_a$  на 40% от давления паров воды, если бы она вся испарилась, но это равно 40% давления самого воздуха. Т.к. в точке (0) давление воздуха равно 500 торр, то 40% это 200 торр, смещаемся на 10 делений вверх в точку (8), аналогично находим точку (9), прямая  $l_b$  проходящая через эти точки пересечёт кривую смеси в точке (10), температура которой составляет  $(80 \pm 1)^\circ\text{C} = (353 \pm 1)\text{K}$ .

ЗАДАЧА 1. («Физтех», 2018, 10) В цилиндре под поршнем находятся в равновесии воздух, водяной пар и вода. Отношение масс жидкости и пара  $\alpha = 1/2$ . В медленном изотермическом процессе объём влажного воздуха увеличивается в  $k = 3$  раза.

- 1) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_1$  в цилиндре в начале процесса.
- 2) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_2$  в цилиндре в конечном состоянии.

$$\varphi_0\varphi = \varphi_0\varphi \quad (\varphi : \%001 = 1\varphi (1$$

4. 1)  $\varphi_1 = 1(100\%)$ .

2) Пусть вначале  $m$  - масса пара,  $V$  - объём влажного воздуха. Пусть  $P_H$  - давление насыщенного пара,  $T$  - температура,  $\mu$  - молярная масса воды. Предположим, что вся вода испарилась. Тогда

$$P_H V = \frac{m}{\mu} RT, \quad \varphi_2 P_H 3V = \frac{3m}{2\mu} RT. \text{ Отсюда } \varphi_2 = \frac{1}{2}, \text{ то есть пар ненасыщенный. Предположение}$$

правильное. Итак,  $\varphi_2 = \frac{1}{2} (50\%)$ .