^\*42. Какую работу А против с ил поверхностного натяжения  
«совершить, чтобы увеличить вдвое объем мыльного пузыря  
;рр(Йусом г =1 см? Поверхностное натяжение мыльного раствора  
^ 0,043 Н/м.

решение:

4^4-

Т>к. по условию Г, =2^,, где 1\ =—т\\* и V-, -~md —  
“ 3 “ 3

объемы пузыря до и после совершения работы, .то r2 - 2t\

r2=V2r,. Изменение площади поверхности пузыря  
после совершения работы — AS = S2- =

-?i2]= 4л7-,2 ^4 -1] . Т. к. у оболочки пузыря две по-  
верхности, наружная и внутренняя, то совершенная работа

**tlbAS** = 8w,2a[V4-l] = 63,4 мкДж.

ЙТ.43. Какую работу А против сил поверхностного натяжения  
совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром  
4й4см? Поверхностное натяжение мыльного раствора  
- ЙЩ043 Н/м.

Решение:

Площадь поверхности мыльного пузыря £ = 4яг“ ,  
тб^|(а совершенная работа против сил поверхностного на-

1ЙЙёния (см. задачу' 7.42) А = 2oS = lied2а = 432 мкДж.

**7.44.** Найти давление **р** воздуха в воздушном пузырьке диа-  
метром </ = 0,01мм, находящемся на глубине /? = 20см под по-  
верхностью воды. Атмосферное давление р0 =101,7 кПа.

Решение:

Давления воздуха в пузырьке р = р0 + Р\ + р2, где р0 —  
атмосферное давление, р{ = pgh — гидростатическое

4 ***сх***

давление воды, р2 =— — добавочное давление,

d

t3-r>3268

369

вызванное кривизной поверхности. Таким образом.

*р = Ръ + Pgh + ~r~* 132,9 кПа.

а '

**7.45. Давление воздуха внутри мыльного пузыря на**Ар = **133,3 Па больше атмосферного. Найти диаметр** d **пузыря.  
Поверхностное натяжение мыльного раствора** а - **0,043Н/м,**

Решение:

Добавочное давление внутри мыльного пузыря, вызванное

*Г*

кривизной его поверхности, Ар -2а

1 1

+

1 . к.

*\R\*

пузырь сферический, то радиусы кривизны взаимно

*d*

перпендикулярных поверхностей = R2 =

. *8а* ,8*а ^*

Ар = —, откуда а = — = 2,58 мм.  
d Ар

тогда

7.46. На какой глубине И под водой находится пузырек воз-  
духа если известно, что плотность воздуха в нем р- 2 кг м3?

Диаметр пузырька </ = 15мкм, температура / = 20° С, атмо-  
сферное давление pQ = 101,3 кПа.

Решение:

Давление воздуха в пузырьке сложится из атмосферного  
давления р0, гидростатического давления воды р, = pxgh

4 а

и добавочного давления Ар- —, вызванного кривишой

*d*

4 а

поверхности, т.е. р = Po + P\gh + —. Из закона Бойля—

*d*

Мариотта p0V = pV0 следует, что — = — = —. тогда

*р V р*

А-- — .откуда р„ + р, gh + = —— или

-P Po + ptgh + 4a/d ■ Po

/j,gA = - — - pa. Окончательно, глубина погружения:

Po d

h\_PoPd-4ap(> ~p0p0d \_ ^ = p,,c/(p-pc,)-4gp0 . /? = 4 72 M

Po + *P\gd* ’ *Po + P\gd*

7.47. Во сколько раз плотность воздуха в пузырьке, нахо-  
.создаемся на глубине h = 5 м пол водой, больше плотности воз-  
духа при атмосферном давлении р0 = 101,3 кПа? Радиус пузырь-  
11\* г = 0,5 мкм.

решение:

^ношение плотностей воздуха в пузырьке и на по-

|йерхности (см. задачу 7.46) — = — = 4,4.

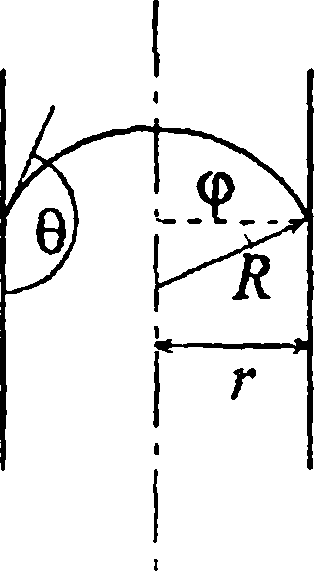
*Р p0+pxgh + 2a/r*

1. В сосуд с ртутью опущен открытый капилляр, внутрен-  
   ней диаметр которого d = 3 мм. Разность уровней в сосуде и в  
   щпилляре Ah = 3,7 мм. Найти радиус R кривизны мениска в  
   Шпилляре.

гение:

Из рисунка видно, что г = Rcos<p = Rcosx  
x(l80°-#) = -RcosO , где 9 — краевой угол.  
Добавочное давление, вызванное кривизной

Т.к. для ртути



Й;;:

*2а cos в*

Ар = -

мениска,

Cos 9 < 0, то Ар > 0, следовательно, уровень  
ртути в капилляре будет ниже, чем в сосуде.

4 *a cos 9*

Разность уровней Ah = , отсюда

*Pgd*

- cos 0 = = 0,74 . Следовательно, радиус кривизны

*4 а*

мениска ртути R = -— = 2 мм.

*cos в*

1. В сосуд с водой опущен открытый капилляр, внутрен-  
   ней диаметр которого \*/ = 1мм. Разность уровней в сосуде и в  
   капилляре **Ah = 2,8** см. Найти радиус кривизны **R** мениска **в** ка-  
   пилляре. Какова была бы разность уровней **Ah** в сосуде **и в** ка-  
   пилляре, если бы смачивание было полным?

Решение:

D *г- М* 2а *cos в*

Высота поднятия жидкости в труоке Ah- — (1).

*rpg*

Радиус кривизны мениска R = r cos(p = r cos{.180° - $)=

*~\-rcose\* — (2). Из (1) *cos в = ^irP&\_* и т к *у*T01 1 2a 2 ’

окончательно R-^ = 0,46мм. Если бы смачивание

8a

было полным, то в = 0° и cos 9 = 1, тогда из (1)

Ah = = 2,98 мм.

dpg

1. На какую высоту h поднимается бензол в капилляре,  
   внутренний диаметр которого \*/ = 1мм? Смачивание считать  
   полным.

Решение:

Т.к. смачивание полное, то высота поднятия бензола в

4а

капилляре (см. задачу 7.49) h = = 13,86 мм.

*dpg*

1. Каким должен быть внутренний диаметр d капилляра,  
   чтобы при полном смачивании вода в нем поднималась на  
   **372**

ip = 2 см? Задачу решить, когда капилляр находится: а) на  
репе, б) на Луне.

решение:

|ри полном смачивании высота поднятия жидкости в

£'• Аа Асе

адилляре (см. задачу 7.49) А/? = , откуда d = .

*Щ-* ' *dpg pgAh*

ц ’На Земле g = 9,8 м/с2, тогда d -1,48 мм. б) На Луне

bl,65 м/с2, тогда d - 8.83 мм.

1. Найти разность уровней А/? ртути в двух сообща-  
   ся капиллярах, внутренние диаметры которых равны  
   |Ц1мМ и d2 =2 мм. Несмачивание считать полным.

юпие:

*rpg* 2 *pgd*

Йёота поднятия жидкости в капилляре (см. задачу 7.49)

^ *2а cos в* „ *d , 4а cos в* \_\_\_

. Поскольку г - —, то п . При пол-

Ж'-'

>м несмачивании 0 = 180° и cosQ--1, тогда высота  
рнятия жидкости в первом и втором капилляре соответ-

\*ённо равна }\ = -

*4а  
Pgd*,

и *h-) — —*

*Аа*

*Pgd*,

. Тогда разность

шней Ah = //-, - к - -•

*Аа*

*Аа*

*Pgd 2*

*Pgd*|

I

*Аа*

*Pg*

1 1

*dx d*

Vй!

*2j*

*f:4a(d7 -d<)* \_ \_

^= 7,5 мм.

"" Pgd,d2

1. Каким должен быть наибольший диаметр d пор в фи-  
   $£яе керосинки, чтобы керосин поднимался от дна керосинки до  
   Ррелки (высота /? = 10см)? Считать поры цилиндрическими  
   Шубками и смачивание полным.

Решение:

Т. к. по условию поры цилиндрические и смачивание пол-  
ное, то наибольший диаметр капилляра (см. задачу 7.5 1)  
4 ос

d = = 0,15 мм.

*рф*

1. Капилляр внутренним радиусом г = 2 мм опущен в  
   жидкость. Найти поверхностное натяжение ажидкости, если  
   известно, что в капилляр поднялась масса жидкости т = 0,09 г.

Решение:

При полном смачивании высота поднятия жидкости в ка-

2а

пилляре (см. задачу 7.49) /? = (1). Масса поднятой

Р&'

жидкости m = pV, где V = Sh и 5 = 2л?\*2, т. к. у пленки

две стороны, тогда т = 2рлг2И, отсюда //=——Т — (2)

2ртщ~

Т. к. в формулах (1) и (2) левые части равны, то можно

2 а т

приравнять и правые части, тогда = или

*pgr 2рт:г~*

2# т gm \_ л\_. \_.

— = , отсюда окончательно а = —— = 0,07 Н/м.

g 2л7\* 4 л?”

1. В сосуд с водой опущен капилляр, внутренний радиус  
   которого г = 0,16 мм. Каким должно быть давление р воздуха  
   над жидкостью в капилляре, чтобы уровень воды в капилляре и с  
   сосуде был одинаков? Атмосферное давление р0 = 101,3 кПа.  
   Смачивание считать полным.

Решение:

При полном смачивании высота поднятия жидкости в

2 а

капилляре (см задачу 7.49) Ь- . Чтобы уровень воды

*Pgr*

в сосуде и капилляре был одинаковым, необходимо, чтобы  
374

1. Капиллярная трубка опущена вертикально в сосуд с  
   водой. Верхний конец трубки запаян. Для того чтобы уровень  
   воды в трубке и в широком сосуде был одинаков, трубку при-  
   шлось погрузить в воду на 15% ее длины. Найти внутренней ра-  
   диус г трубки. Атмосферное давление /;0=ЮОкПа. Смачива-  
   ние считать полным.

Решение:

По закону Бойля — Мариотта р0У0 - pV, где р0 и р —  
давления воздуха в капилляре до и после погружения его в  
воду, V0 и V — объемы воздуха в капилляре до и после

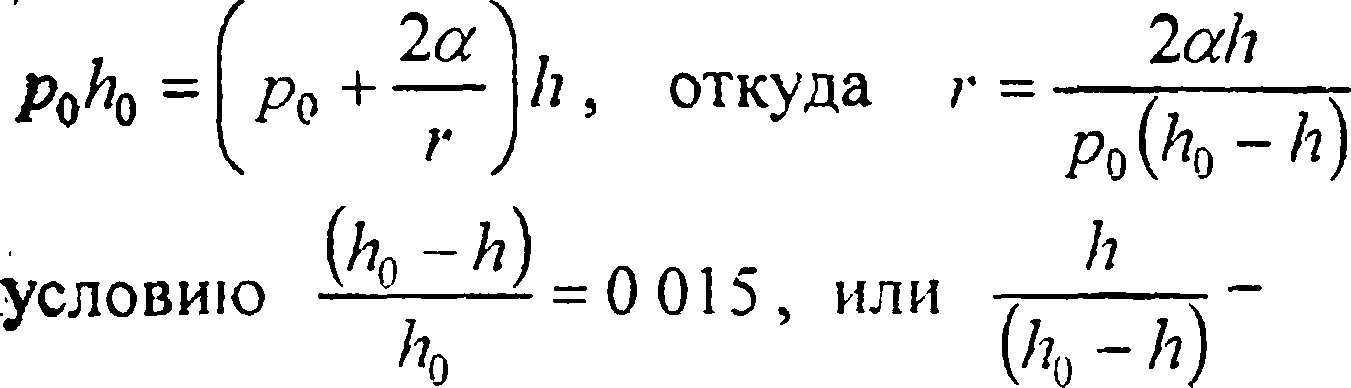
*2а*

погружения. р = р0+ —, V0=Sh0, где S — площадь

*г*

(1). По

Сечения капилляра и h0 — его длина, V = Sh, где h —  
длина непогруженной части капилляра. С учетом этого



числовые данные в (1), получим г = 0.1 мм.

давление было равно /; = р0 + pgh = р0+ pg

2 а

= Ро +

+

2 а

= 102.2 кПа.

*г*

- 65,7 . Подставляя

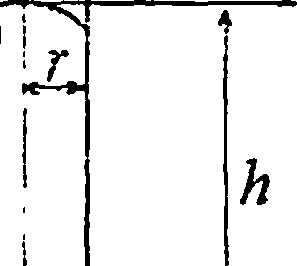
1. Барометрическая трубка А , заполненная ртутью, имеет  
   внутренний диаметр г/, равный: а) 5мм; б) 1,5см. Можно ли  
   определить атмосферное давление непосредственно по высоте  
   ртутного столба? Найти высоту ртутного столба в каждом из  
   этих случаев. Атмосферное давление pt) =758 мм рт. ст. Несма-  
   чивание считать полным.

Высота поднятия жидкости в капил-

; 2*a cos в* л

*ЛСГ\*

*by.*



ляре п = , где в — краевой

***pgr***

угол, а — поверхностное натяжение.  
При полном несмачивании в = п и

cos в = -1, тогда h-

*2а*

pgr

4 *а  
Pgd*

(1) — высота, создавающая дополни-  
тельное давление за счет кривизны поверхности мениска,  
а) Если d- 5 мм, то из (1) найдем /? = 3мм, тогда  
Р- **Po~h** = 755 мм рт. ст. б) Если d = 1,5 см, то **h** = 1 мм,  
тогда р = pQ - h-lSl мм рт. ст. Таким образом, если  
трубка узкая, то атмосферное давление не может быть  
непосредственно определено по высоте ртутного столба h,  
т. к. к давлению столба прибавляется, еще давление  
выпуклого мениска в трубке.

1. Внутренний диаметр барометрической трубки  
   d = 0,75 см. Какую поправку надо ввести, измеряя атмосферное  
   давление по высоте ртутного столба? Несмачивание считать  
   полным.

Решение:

Поправка к атмосферному давлению при полном

4 а

несмачивании (см. задачу 7.57) h- = 2 мм.

*Pgd*

1. Какую относительную ошибку мы допускаем, вычисляя  
   атмосферное давление р0 - 101,ЗкПа по высоте ртутного столба,

если внутренний диаметр барометрической трубки d равен:  
а) 5мм; б) 10мм? Несмачивание считать полным.

376

Решение

Из закона Паскаля ;;0 = pg/?0. Тогда высота ртутного

столба /?0 =-^- = 760 мм. рт. ст. Поправка к атмосферному  
PS

давлению при полном несмачивании (см. задачу 7.57)

*.4а ^ h* 4*a pg*

л = . Тогда относительная ошибка х = — = =

*flgd К PRd pQ*

*4 а*

. а) Если с/, = 5 мм, то = 0.39% . б) Если d = 10 мм,

Фо

Гто х2 =0,19% .

1. На поверхность воды положили жирную (полностью  
   Йесмачиваемую водой) стальную иголку. Каков наибольший  
   [диаметр d иголки, при котором она еще может держаться на  
   роде?

Решение:

Щля того чтобы иголка не тонула, необходимо, чтобы  
давление, оказываемое иголкой на площадь ее опоры, было  
не больше давления, вызванного кривизной поверхности  
реидкости в углублении под иголкой. Давление иголки на  
mg pVg p7idg .

Воду р, = —2- = - - - = ——— , где I — длина иголки и

1 *и ы 4*

V — ее объем. Давление, вызванное кривизной  
Поверхности жидкости, определяется формулой Лапласа

. В нашем случае поверхность жидкости

*yR\ R7*

цилиндрическая, т.е. Я, = оо и R2-r — радиус иголки.

Тогда /?2 = — = — • Т. к. необходимо, чтобы р{ < р~,, то  
г d

*;pndg  
4*

2а , / %а

< —, откуда d < „ = 1,6 мм.

*d \ png*

1. Будет ли плавать на поверхности воды жирная (п(постью песмачиваемая водой) платиновая проволока дпа.меур Л1d = 1 мм?

Решение:

Чтобы проволока могла держаться на воде, необходимо,  
чтобы давление, оказываемое проволокой на площадь ее  
опоры, не превышало давления, вызванного кривизн, и  
поверхности жидкости в углублении под проволокой и  
направленного вверх (силой Архимеда пренебрегаем). Да-

*mg pVg pndg*

вление проволоки на воду рх = —■— = , где / —

*Id Id* 4

длина проволоки и V — ее объем. Давление, вызванное  
кривизной поверхности жидкости, определяется формул ой  
сс 'let

Лапласа р2 = —=—. Т. к. необходимо, чтобы р] < р2, го  
г d

—

*pndg* 2 *а . %а* \_ ,

■£—— откуда dniax = • Для платины р = 2Ьх

4 d ' V

х103кг/м3, для воды яг = 0,073 Н/м, тогда атах = 0,09 мм, а  
по условию d = 1 мм, значит, проволока плавать не будет.

1. В дне сосуда с ртутью имеется отверстие. Каким может  
   быть наибольший диаметр d отверстия, чтобы ртуть из сосуда  
   не выливалась при высоте столба ртути /? = 3 см?

Решение:

Чтобы ртуть не выливалась из сосуда, давление ртутного  
столба высотой h должно быть равно добавочному  
давлению, вызванному кривизной поверхности жидкое ль  
т.с. р - Ар. По закону Паскаля р = pgh, а по форму ле

4 *сх 4сх* 4 *и*

Лапласа Ар = —, тогда pgh = , откуда dr. = —

*d pgh ' pgh*

= 0,5 мм.  
378

1. Какую силу F надо приложи'! ь, чтобы оторвать друг от  
   |РУга (без сдвига) две смоченные фотопласшнки размером  
   •§ = 9х12см~? Толщина водяной прослойки между пластиками

7.63. В лис стеклянного сос\да площадью S = 30 см2 имеется  
||руглое шверстие диаметром cl = 0.5 мм. В сосуд налита ртуть.  
Шакая масса ртути осишется в сосуде?

решение:

Давление ртути на дно сосуда /?=—£-. Добавочное

*iv.. ^*

давление, вызванное кривизной поверхности жидкости,

Ж 4а ц ,

Чтооы ртуть осталась в сосуде, неооходимо,

**ft- ^ л ^**

рГроы р-Ар или = — .тогда т- = 1,22кг.

*S d*

7.64. Водомерка бегает по поверхности воды. Найти массу  
||домерк11. если известно, что под каждой из шести лапок насе-  
|Ймого образ>езся ямка, равная полусфере радиусом г =0,1 мм.

Ш^шенпе:

||йя того чтобы водомерка держалась на воде, необходимо,  
йгобы давление, оказываемое ею на площадь опоры, не  
Рревышало давления, вызванного кривизной поверхности  
жйдкости в углублениях под ее лапками. Давление одной

Й?..

лапки па воду />,

6 - 1т-

Давление, вызванное кри-

*а*

1изной поверхности жидкости, р2 =— (см. задачу 7.60).

*a wz*

приравнивая /?, и р2, получим — = —

U r 12

*\2т'а*

отсюда

*70'*

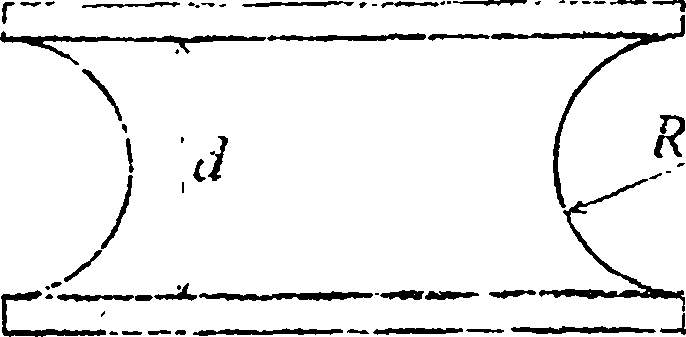
*S*

; т - 28 мг.

**I,**

F-O.Oi мм. Смачивание считать полным.

внешнего давления, действующего па площадь пластинок



Поверхность  
пластинками

кривизны R =

бавочно:  
под цнл и I гдри ческой

*а 2 а*

поверхностью р = — = — .  
1 1 R d

жидкости между  
имеет радмое  
d

— (Рис.). Тогда до-  
2

отрицательное давление  
вогнутой

Величина р — избыток

S. Следовательно, сила, которую надо приложить, чтобы

оторвать пластинки друг от друга, F = pS -

*2 а  
~*

5 = 31,5И

1. Между двумя вертикальными плоснепараллельными  
   стеклянными пластинками, находящимися на расстоянии  
   d = 0,25 мм друг от друга, налита жидкость. Найти плотность р  
   жидкости, если известно, что высота поднятия жидкости между  
   пластинками /? = 3,1 см. Поверхностное натяжение жидкости  
   а = 0,03 Н/м. Смачивание считать полным.

Решение:

Поверхность смачивающей жидкости между пластинками  
имеет цилиндрическую форму с радиусом кривизны

i? = ~. Тогда добавочное отрицательное давление под

*а 2а*

цилиндрической вогнутой поверхностью /? = — = —. t  
другой стороны, по закону Паскаля p = pgh. Тогда

*2d . 2d* ч , з

— = pgh. отсюда р = = 0,79 • 10' кг/м'.

*a dgh*

1. Между двумя горизонтальными плоскопараллельны..;;!  
   стеклянными пластинками помещена масСа т = 5 г ртути. Когда  
   380

1Ш верхнюю пластинку положил!! груз массой М = 5 кг, рассто-  
яние между пластинками стало равным с! = 0,087 мм. Прене-  
брегая массой пластинки по сравнению с массой груза, найти по-  
верхностное натяжение а ртути. Несмачивание считать полным.

Решение:

^Поверхность ртути между пластинками имеет цилиндри-  
ческую форму и радиус кривизны 7? = у. Силу добавоч-  
ного отрицательного давления можно определить по  
t 2 сс

формуле F=—S из задачи 7.65, но в данном случае

f: d

Поверхность будет выпуклая, т. к. имеет место полное  
йесмачивание. Груз давит на ртуть с силой Р = Mg — (2).

Поскольку силы уравновешены, то F + P = 0 или F = P.

2 *сс*

Подставляя (1) и (2), получим —S-Mg — (3). Масса

*d*

ртути т = pV = pSd, откуда S = . Подставим это

*pd*

выражение в (3):  
а = 0,5 Н/м.

2 *am  
d2 р*

*= Mg9*

откуда

а =

*Mgpd2*

1. В открытом капилляре, внутренний диаметр которого  
   </ = 1мм, находится капля воды. При вертикальном положении  
   капилляра капля образует столбик высотой h, равной: а) 2см,

б) 4см, в) 2,98см. Найти радиусы кривизны /?, и R2 верхнего и

нижнего менисков в каждом из этих случаев. Смачивание счи-  
тать полным.

Решение:

Верхний мениск будет вогнут, давление р], вызванное  
кривизной этого мениска, направлено вверх и равно

381

pl = —, где i?i — радиус кривизны верхнего мениска.

2а

При полном смачивании рх =—, где г — радиус к?-

*v*

пилляра. Гидростатическое давление столба жидкости  
направлено вниз; р2 = pgh. Если р{ > р2, то  
результирующее давление, направленное вверх, заставляв  
нижний мениск быть вогнутым. При этом давление р-.  
вызванное кривизной нижнего мениска, направлено вниз ч  
2 а

равно рг- —, где R2 — радиус кривизны нижнего  
R2

мениска. В равновесии рх = р2 + ръ . Если Р\< Pi> го

результирующее давление направлено вниз и нижний

гт 2 с/

мениск оудет выпуклым. При этом давление р3= —

будет направлено уже вверх. В этом случае рх+ ръ- р2.  
Если р, = р2, то нижний мениск будет плоским и ръ = 0 .  
Подставив числовые данные, получим: а) /2, =0,5 мм,  
/22=-1,52мм; б) 7?! =0,5 мм, 7?2=1,46мм; в) /^=0,5 мм,  
Ri =® •

1. Горизонтальный капилляр, внутренний диаметр кото-  
   рого d - 2 мм, наполнен водой так, что в нем образовался стол-  
   бик длиной /? = 10см. Какая масса т воды вытечет из капил-  
   ляра, если его поставить вертикально? Смачивание считать пол-  
   ным. Указание: учесть, что предельная длина столбика воды,  
   оставшейся в капилляре, должна соответствовать радиусу кри-  
   визны нижнего мениска, равному радиусу капилляра.

Решение:

При вертикальном положении капилляра верхний мениск  
вогнут и давление, вызванное кривизной этого мениска,  
382

*2а* 4 *а*

всегда направлено вверх и равно р{ = — = —, где d —

*г а*

диаметр капилляра. Гидростатическое давление столба  
жидкости всегда направлено вниз и равно р2 — pgh.

Предельная длина столбика воды, оставшейся в капилляре,  
должна соответствовать радиусу кривизны нижнего  
мениска, равному радиусу капилляра, поэтому р{ < р2,  
результирующее давление будет направлено вниз и  
нижний мениск будет выпуклым. При этом давление  
4а

р3 =— будет направлено уже вверх и р{+ ръ = р2 или

8 а 1 .8 а

= PSh> откуда Л, =

*d pgd*

оставшейся в капилляре w, = pSh{, а ее первоначальная

масса /772 = pSh0, тогда масса жидкости, которая выльется

*пдг*

высота столбика жидкости,

т

- /77о - /77j = ps(j\ —/?,), где S =

площадь

поперечного сечения капилляра, поэтому окончательно

т =

*pmi1*

*(*

*>Ч-*

8 а

*Pgd*

= 0,22 г.

1. В открытом вертикальном капилляре, внутренний  
   радиус которого г - 0,6 мм, находится столбик спирта. Нижний  
   мениск этого столбика нависает на нижний конец капилляра.  
   Найти высоту' h столбика спирта, при которой радиус кривизны  
   R нижнего мениска равен: а) 3г ; б) 2г ; в) г. Смачивание счи-  
   тать полным.

Решение:

По условию, нижний мениск выпуклый, тогда резуль-  
тирующее давление направлено вниз, следовательно (см.

задачу .7.69), px+Pi=p?9 где рх= —, р2 = р#/? и

*Ah*

*г*

*2а 2а 2а 2a(R* -+ г)

р- = — . Тогда — + — = pgh, откуда /? = —

*Я г R pgrR*

*%а*

а) Если R = 3г, то // = = 11,5 мм. б) Если R = 2г . то

3/^г

3# *4а*

h = = 12,9 мм. в) Если R = /\*, то h = 17,2 мм.

/#Г

1. Трубка, изображенная на рисунке, открыта с обоих  
   концов и наполнена керосином. Внутренние радиусы трубок 1 и  
   2 равны }\ = 0,5 мм и гг = 0,9 мм. При какой разности уровней  
   Ah мениск на конце трубки 1 будет: а) вогнутым с радиусом  
   кривизны R = #‘j; б) плоским; в) выпуклым с радиусом кривизны  
   /? = г2; г) выпу клым с радиусом кривизны /? = >\*,? Смачивание  
   считать полным.

Решение:

Высота поднятия жидкости в ка-  
7 2 acosO ^

пилляре п- — . Тогда для

*Pgr*

„ - , *2а cos в*

каждой трубки /7, = и

*pgR*

, 2 *a cos 0* \_

/ь = . Т. к. по условию

*pgr.2*

смачивание полное, то во второй трубке всегда 0 = 0,  
отсюда cos 9-1. Тогда перепад высот в трубках

Ah = //, - к =

2 *а( cos 0* 1

*Pg*

*\*

*R*

а) Мениск на конце трубки

будет вогнутым, с R = t\, если 0 = 0, отсюда cos в -1  
384

конце трубки 1 будет плоским, если # = у, отсюда

полное смачивание Ah =

2 *а  
Pg*

I\_J

*КГ1 Г2 J*

= 6,8 мм. б) Мениск на

2\*(У

cos в = 0; Д/7 = —-— = 8,5 мм. в) Мениск на конце трубки 1

*РёГг*

будет выпуклым, с R = r2, если в-п ъ отсюда cos0 -~\  
2 сс 2

Д/z — = 17 мм. г) Мениск на конце трубки 1 будет

PS >2

выпуклым, с R = i\, если в - к , отсюда cos в = -1 — пол-

ное несмачивание Ah=

2 *а  
Pg*

1. 1  
   — + —

V/l rU

= 23,8 мм.

1. В широкий сосуд с водой опущен капилляр так, что  
   верхний его конец находится выше уровня воды в сосуде на  
   h = 2 см. Внутренний радиус капилляра г = 0,5 мм. Найти радиус  
   ^кривизны R мениска в капилляре. Смачивание считать полным.

Решение:

Если бы капилляр был достаточно длинным, то вода

- *Jt lacosO*

поднялась бы в нем на высоту h = = 2,98 см. Но

*Р^*

высота капилляра над водой h<W. К мениску приложены  
2 а

давление р0 = —, вызванное кривизной мениска и

Направленное вверх, и гидростатическое давление

p-pgh. Для любой высоты h будем иметь pgh- —,

*R*

п 2 а \_ \_\_

откуда R = = 0,75 мм.

*pgh*

1. Ареометр плавает в воде, полностью смачивающей его  
   стенки. Диаметр вертикальной цилиндрической трубки арео-  
   метра d = 9 мм. На сколько изменится глубина погружение  
   ареометра, если на поверхность воды налить несколько капель  
   спирта?

Решение:

На плавающий ареометр действуют сила Архимеда ,

направленная вверх, сила тяжести Р, направленная вниз.

сила поверхностного натяжения F, направленная вниз,  
т. к. смачивание является полным. Условие равновесия

имеет вид: Р + F + FA = 0 или в скалярном виде

Р + F -FA. Имеем P = mg; F = 2ша - nda ; FA= pg x  
x(V + Sh), где V — объем ареометра (без трубки), S —  
площадь поперечного сечения трубки ареометра, h —  
длина трубки. Тогда для воды mg + 7tdax - pg(V + 57?,); для  
спирта mg + nda2= pg(V+ Sh2) (считаем, что плотность  
воды не изменилась). Решая совместно эти два уравнения,

найдем д= —^^ = 2,4 мм.

1. Ареометр плавает в жидкости, полностью смачивающей  
   его стенки. Диаметр вертикальной цилиндрической трубки

ареометра d- 9 мм. Плотность жидкости р = 0,8\*103 кг/м3,  
поверхностное натяжение жидкости ог = 0,03Н/м. На сколько  
изменится глубина погружения ареометра, если вследствие  
замасливания ареометр стал полностью несмачиваемым этой  
жидкостью?

Решение:

На ареометр, плавающий в жидкости, действуют: силд  
тяжести Р, направленная вниз, сила поверхностного  
386

Архимеда FA = pg{V + Sh), направленная вверх, где V —  
объем цилиндрической части ареометра, S — площадь  
поперечного сечения трубки ареометра и h — длина  
цилиндрической трубки, находящейся в жидкости.  
Условие равновесия при полном смачивании Р + F = FAl, а

при полном иесмачивании Р = F + FA1, следовательно,  
Fax “ F = F + F,2 или yogK + yog-S/ij - nda - nda + pgV +  
+ pgSh2. Отсюда pgS(hl-h2)= pgSAh = 2nda и, оконча-

натяжения F = Ttda, направленная при полном  
смачивании вниз, а при полном иесмачивании вверх и сила

тельно, Д// =

2 *?cda* 2 *nda*

***pgs***

*PS*

*7td2*

*8a*

= 3,4 мм.

1. При растворении массы w = 10r сахара (c,2H22On) в  
   объеме V = 0,5 л воды осмотическое давление раствора  
   /? = 152кПа. При какой температуре Т находится раствор?  
   Диссоциация молекул сахара отсутствует.

Решение:

Осмотическое давление раствора связано с термо-  
динамической температурой формулой Вант-Гоффа

*ш*

p-CRT. Молярная концентрация раствора С = , где

*fiV*

*п* , *mRT „ uVp*

(i - 0д42 кг/моль, тогда р = , откуда Т— .

*pV mR*

Подставляя в полученное выражение числовые данные,

получим:

*Т =*

0**,**342**-**0**,**5**-**10**~**3**-**152**-**10**\***10**"**2**-**8,31

= 313

к.

1. Осмотическое давление раствора, находящегося при  
   температуре / = 87° С, р = 165кПа. Какое число N молекул

воды приходится на одну молекулу растворенного вещества в  
этом растворе? Диссоциация молекул вещества отсутствует.

Решение:

Осмотическое давление (см. задачу 7.75) р = CRT. Т. к. по  
условию диссоциация молекул в растворе отсутствует, то

молярная концентрация С - —-, тогда р = — = NJcT.

***А А***

х, *vNa т pV pN,*

откуда N] = —~, где v' = — = —, тогда N2= —-.

*V р р р*

Следовательно, N = — = = 1007 молекул.

*Nx р р рр*

1. Масса »г = 2г поваренной соли растворена в объеме  
   V = 0,5 л воды. Степень диссоциации молекул поваренной соли  
   а = 0,15. Найти осмотическое давление р раствора при  
   температуре t = 17° С.

Решение:

Если масса всей растворенной в воде поваренной соли  
равна т, а степень диссоциации а, то масса  
диссоциированной соли равна сап, а масса  
недиссоциированной — (l-«)w. Тогда молярная концен-

грация раствора С = а"‘^)+<\*п /(2^ ),

С = j 24 5 моль/м3 Следовательно,

2^/,/лС

осмотическое давление р = CRT = 300 кПа.

1. Степень диссоциации молекул позаренной соли при ра-  
   створении ее в воде а = 0,4. При этом осмотическое дав-ленне раствора, находящегося при температуре t = 27° С,  
   /> = 118,6кПа. Какая масса т поваренной соли растворена в  
   объеме V = 1 л воды?

Решение:

Молярная концентрация частично диссоциированного  
раствора поваренной соли (см. задачу 7.78)

т (2//, jj2 (l - а) + а и2)

с =

Вант-Гоффа С -

С другой стороны, из формулы

2mviv

гци^-у

тогда  
RT' RT

*2 UJLl.Ll-yVp* . *^*

откуда т = - „-к;— - , П= '-93 г.

1. Масса т = 2,5 г поваренной соли растворена в объеме  
   К = 1л воды. Температура раствора / = 18° С. Осмотическое  
   давление раствора р = 160 кПа. Какова степень диссоциации

молекул поваренной соли в этом случае? Сколько частиц  
растворенного вещества находится в единице объема раствора?

Решение:

Масса растворенной в воде частично диссоциированной

1. uLtyu-)Vp

соли (см. задачу 7.78) равна: т= т \

***RT^ju^l-aj+aju')***

< гкуда получим 2цхцг (l - а) + ац2 =

или

1. 2//,//-, *(fjVp - mRT)*

a/r = ■ -■ -. Из последнего выраже-

*mRT*

ния, после преобразований, найдем степень диссоциации

***2Lixfi^{jLiVp-mRT)*** „

*mRT(j.r ~2p{j.i2)*

г i\_ \г г 7 =0,52. Число частиц в единице  
объема (см. задачу 7.76) п = — =■ 3,98 • 10Ь м 3.

*кТ*

* 1. Масса т = 40 г сахара (С^Н-^О,,) растворена в . ':,еме  
     V = 0,5 л воды. Температура раствора t = 50° С. Найт» д;м ;спие  
     р насыщенного водяного пара над раствором.

Решение:

Давление насыщенного пара над раствором меньше, чем  
над чистым растворителем (водой). При достаточно малой  
концентрации раствора относительное уменьшение давле-  
ния насыщенного пара над раствором определяется зако-  
ри Ро~ Р v'

ном Рауля — = . где р0 — давление насы-

*Ро v + v*

щенного пара над чистым растворителем, р — давление  
насыщенного пара над раствором, v — количество

жидкости. Отсюда р = р0

*f*

1-

V

. По таблице 8 на-

V *v + v J*

ходим для / = 50° С давление насыщенного водяного пара

р0 = 12302Па. Количество сахара и' = ~, где // = 0.342

*М*

*, pv*

кг/моль, количество воды v=~—, где // = 0.018 к; моль.

*М\*

( ^

Тогда р = р0

1-

V

*ПЩ  
pV/л* + *нщ*

= 12.3 кПа.

* 1. Давление насыщенного пара над раствором при темпе-  
     ратуре Г = 30° С равно /?,=4,2кПа. Найти давление />- насы-  
     щенного водяного пара над этим раствором при темгсулуре  
     Г, = 60° С.

Решение:

Давление насыщенного пара над раствором (см.  
v’ ^

7.80) *р = р0\\-*

V *v + vj*

. Т. к. количество растворе

:з мчу

**ИНОГО**

рщества v' и растворителя v не зависит от температуры,

Р\ Pn(t\) P\Pu(t') **гг О**

to — = ■ ' , тогда р, = ■ ~ . По таолице 8 находим

*Рг РЛГ:)* ‘ РоЫ

^0(/,) = 4229 Па. р0(/\) = 19817 Па, тогда /; = 19.68кГ1а.

* 1. Давление **р** насыщенного пара над раствором в 1.02  
     В»аза меньше давления **р(1** насыщенного пара чистой воды. Какое

здгсло **N** молекул воды приходится на одну молекулу растворен-  
ного вещества?

{Чтение:

Щавление насыщенного пара над раствором (см. задачу

> \

*р0* \_ *V* — *V* \_ *V / у'* -1  
*р v-2v v / v'* -2

). Число молекул растворенного вещества и растворителя

wV,

. задачу 7.76) соответственно равно N-—и  
»rf v'N^ N V

tf —, тогда —--— — (2). Из (1) имеем

*V N*' *v*

***Р = Ро* И-**

*V*

*V -V J*

, отсюда

*Ро*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (у Д |  | r V | \ |
| 2 | =н |  | -1 |
| \У ) |  | У | ) |
| \_2Ро~ | р \_ | 2 Ро// | |
| Ро- | р | Ро | /р |

или

*—,{p<i-p) = 2P<> ~Р>* откуда

*V*

или с учетом (2) — =

*N 2р0 / р-1*

*N' р0/р-\*

Отсюда окончательно N = ^ —-—— = 52 молекулы.

*Ро/Р-]*

* 1. Масса //? = 100 г нелетучего вещества растворена в ооъ-  
     еме К = 1л воды. Температура раствора **t = 90° С.** Давление на-

сыщенного пара над раствором р = 68.8 кПа. Найти молярную  
массу р растворенного вешества.

Решение:

Закон Рауля молено применить для определения молярной  
массы вещества. Действительно, закон Рауля можно запи-  
сать так: ——— = — +1, или —— 1 = ——— - — — (1).

Ро~Р у' Ро~Р Ро'Р у'

о т г w /1Ч

Замечая, что v-— и v =—нетрудно из (1) пол>-

М Р

*, т р*

чить р = р - (2), где т — масса растворителя,

*т р0-р*

р — молярная масса растворителя и // — молярная  
масса растворенного вещества. Подставляя числовые  
данные, получим // = 0,092 кг/моль.

* 1. Нелетучее вещество с молярной массой р = 0,060 кг/моль  
     растворено в воде. Температура раствора t = 80° С. Давление на-  
     сыщенного пара над раствором р = 47,1кПа. Найти осмоти-  
     ческое давление рос раствора.

Решение:

Осмотическое давление (см. задачу 7.75) рос =

*тКТ*

*fiv*

Давление насыщенного пара над раствором (см. задач)

7.80) *р = р0*

***V***

*t \*

1-

V *V + V'J*

, отсюда v =

*'..(Ро-рУ*

. Число МО-

m рУ > (Ро-р)рР

леи воды у = — = ——, тогда v = —. С другой

*М\ Mi РМ\*

|s=80°C давление насыщенного пара над чистой водой

, т

гороны, v =—, тогда  
Р

, (А) " p)pvP п

т — vц ~ — ----- ■. Для

*РР\*

*'к':*

к. =47215 Па, следовательно, осмотическое давление

t *RT* (ро - *р)руи* \_ (ро *-p)pRT .*г[[1]](#footnote-2) *MV рп ррх* . ’



(47215—47100)-103-8,31-353  
47,МО3-0,018

= 398 кПа\

1. Ответ в данной задаче не совпадает с ответом первоисточни-  
   ка: рж = 925 кПа. [↑](#footnote-ref-2)