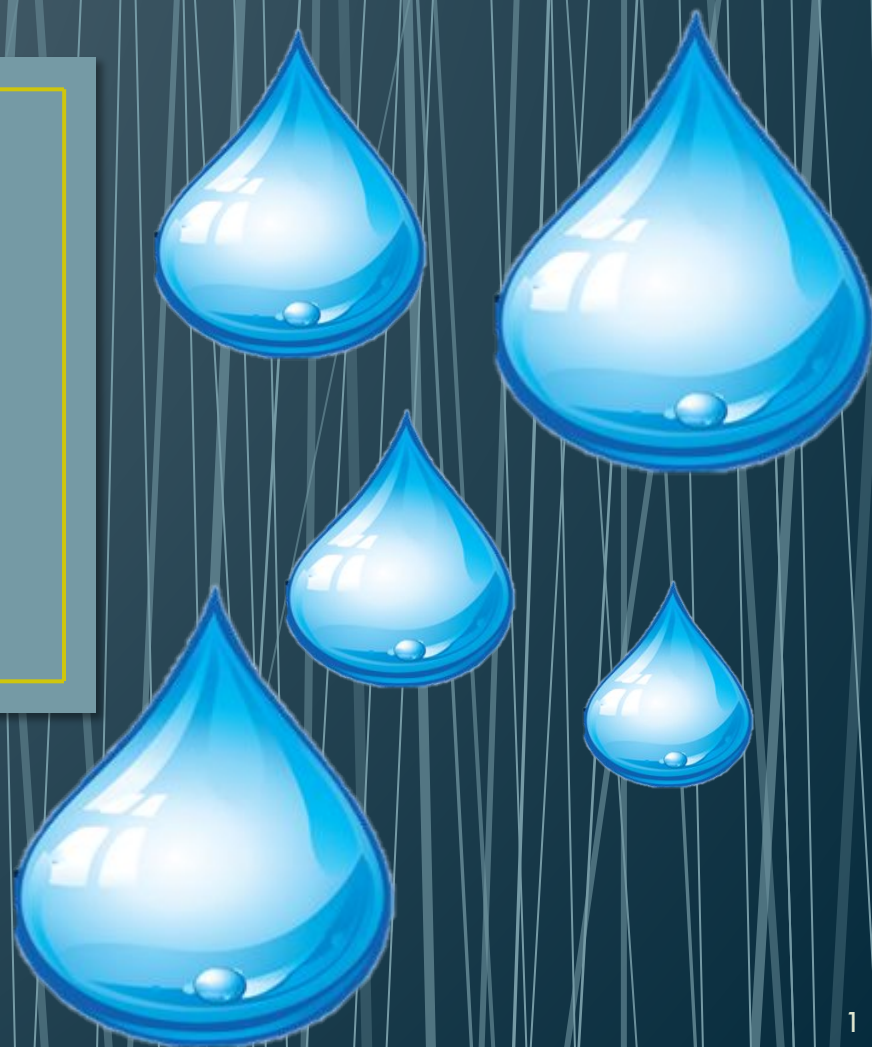


Падение капли с небольшой высоты



О чём мы читали?

Падение капли воды
на поверхность воды

Искривление
поверхности
падающей капли
воды

Выработка
электричества из дождя

Высокоскоростной
удар капли воды о
твёрдую поверхность



Падение капли с небольшой высоты



Гипотеза:

**при падении капли на поверхность
происходит её дробление,
сопровождающееся распадом
капли на отдельные
составляющие**



Цель работы:

изучение процесса растекания
капли по твёрдой поверхности при
её падении с небольшой высоты

Падение капли с небольшой высоты

Задачи

Какую форму имеют капли в момент соприкосновения с поверхностью?

Как поверхность взаимодействует с капелькой?

Существует ли зависимость между площадью разбившейся капли и высотой её падения на сильно гидрофильную поверхность?

Каков период колебаний расплющенной капли на слабо гидрофильной поверхности?

Какова зона разбрызгивания капли при падении капли на каплю, находящуюся на слабо гидрофильной поверхности?

Падение капли с небольшой высоты

Таб.1 Свойства исследуемых жидкостей

№ п/п	Название жидкости	Коэффициент поверхностного натяжения σ , 10^{-3} Н/м		Вязкость жидкости η , 10^{-3} Па*с
1	Дистиллированная вода	73	1000	1,01
2	Медицинский спирт	22	790	1,5
3	Глицерин	66	1270	1480
4	Керосин	24	800	1,2
5	Машинное масло	33	898	9,5



Деревянная
поверхность

Резиновая
поверхность

Органическое
стекло

Рис. 1. Исследуемые
поверхности

Падение капли с небольшой высоты

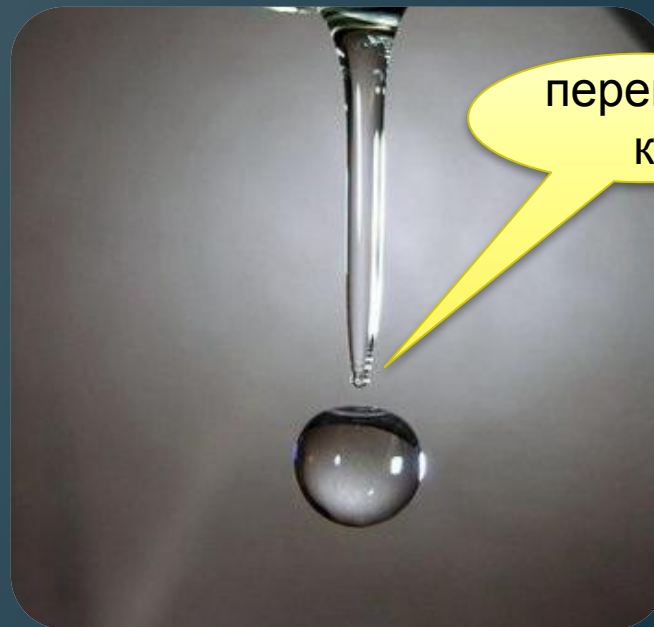
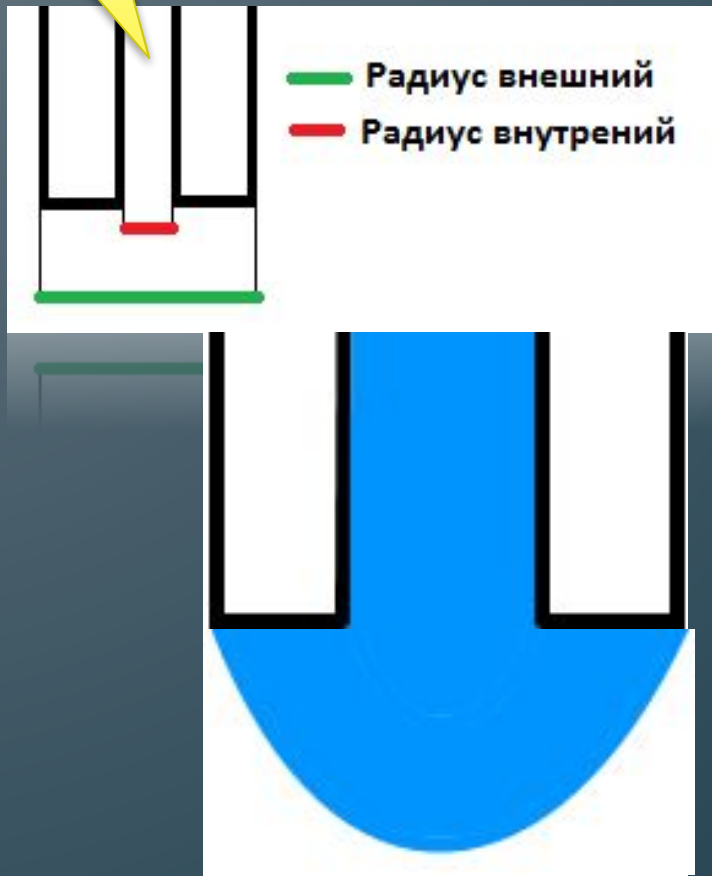
Схема проведения опытов



Падение капли с небольшой высоты

Как формируется капля?

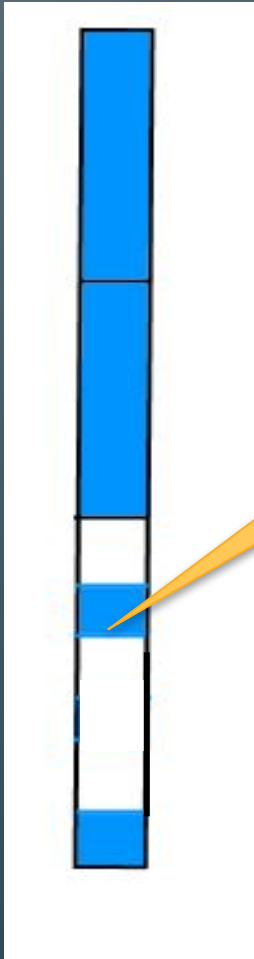
капельница



Что нужно чтобы капля была шарообразной?

Падение капли с небольшой высоты

1. Начальная скорость была равна нулю



Обеспечение самопроизвольного истечения

2. Достаточное время падения

Исключение сопротивления среды

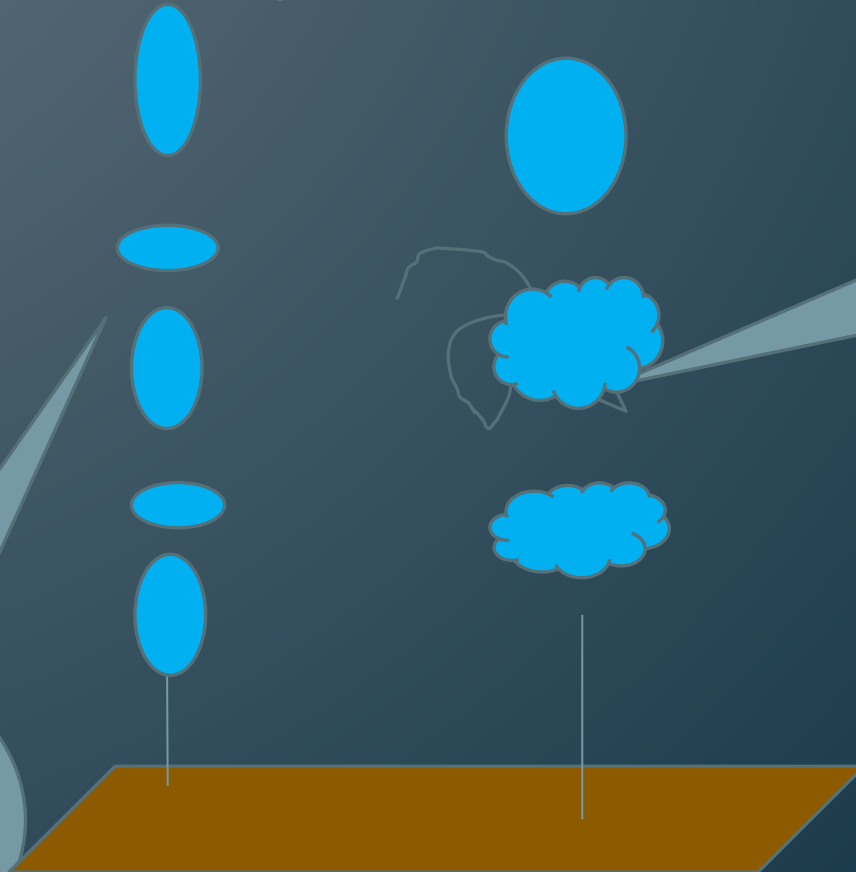
$$F_c = k v$$

$$~~F_c = k v^2~~$$

Падение капли с небольшой высоты

Что нужно чтобы капля была шарообразной?

- 2. Достаточное время падения



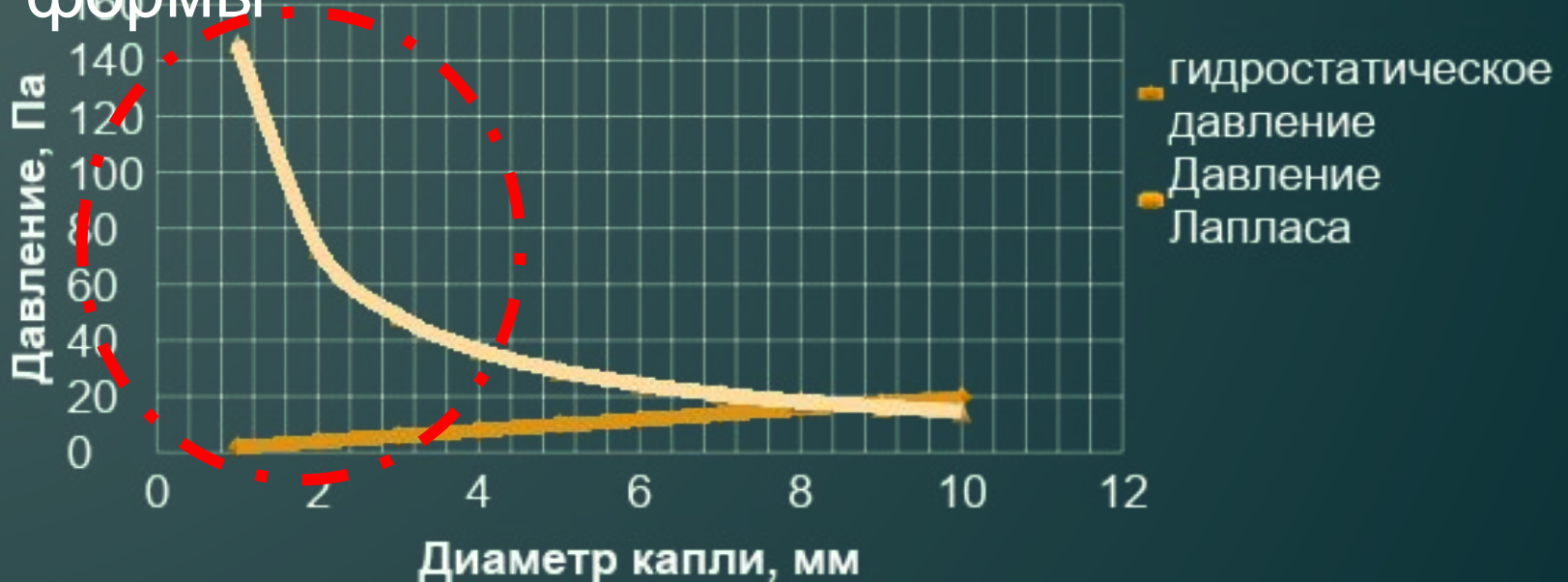
Исключени
е
объёмных
колебаний

Исключение
влияния
колебаний
плотности
среды

Падение капли с небольшой
высоты

Размер устойчивой капли шарообразной

формы

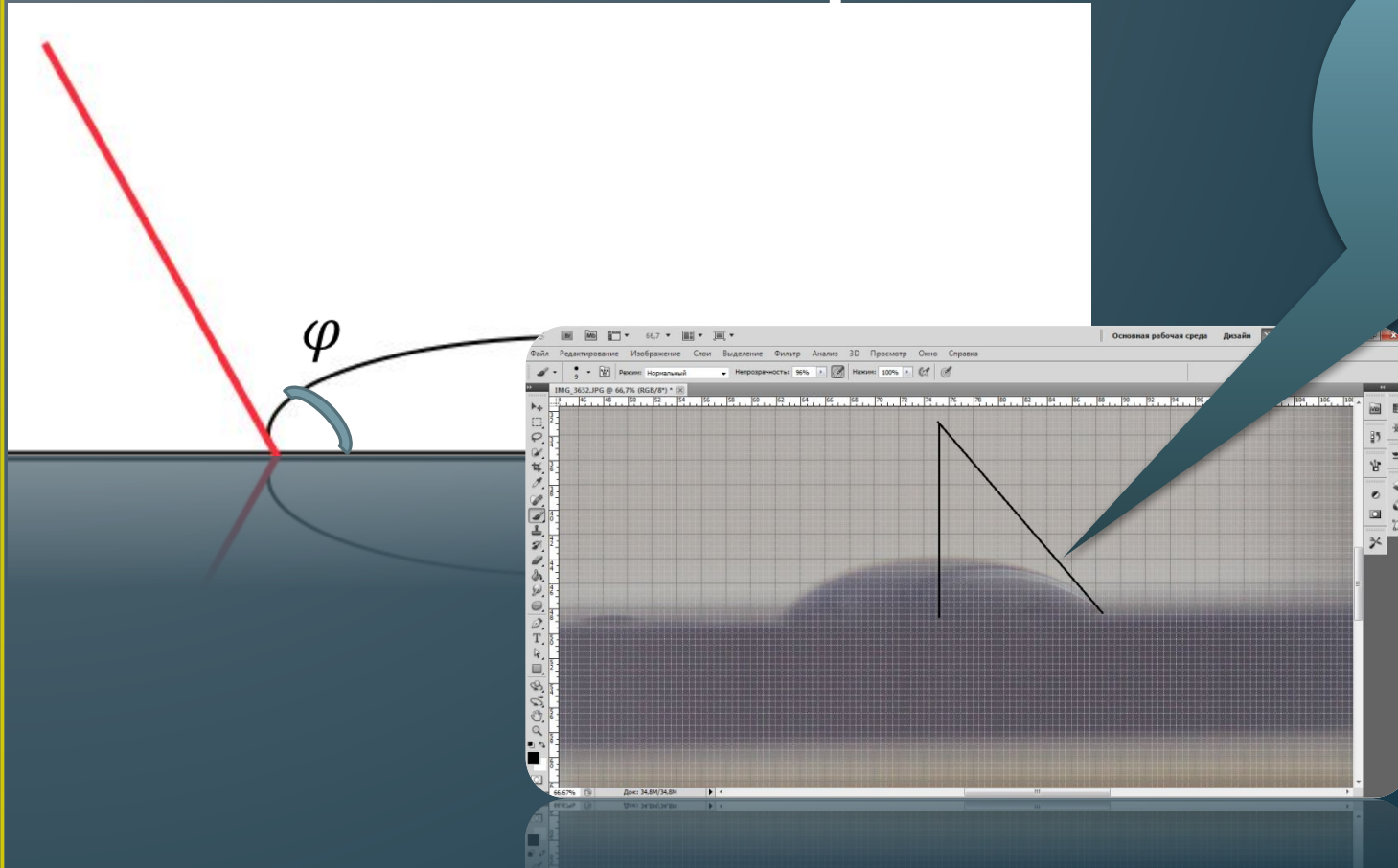


$\frac{2\sigma}{R} > \rho g h$ или $2R \approx h$. Значит радиус устойчивой капли $R_{\text{капли}} \approx \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$

Название жидкости	Приблизительный радиус устойчивой капли R, мм
Дистиллированная вода	2,73
Медицинский спирт	1,67
Глицерин	2,28
Керосин	1,73
Машинное масло	1,92

Падение капли с небольшой
высоты

Характер взаимодействия жидкости и поверхности



Определение
угла наклона
касательной
к
поверхности
в крайней
токе

Если поверхность сильно лиофильная, этот угол является острым $0^{\circ} < \varphi < 30^{\circ}$. Если угол $30^{\circ} < \varphi < 60^{\circ}$ – лиофильная, и если $60^{\circ} < \varphi < 90^{\circ}$. – слабо лиофильная.

Падение капли с небольшой ВЫСОТЫ

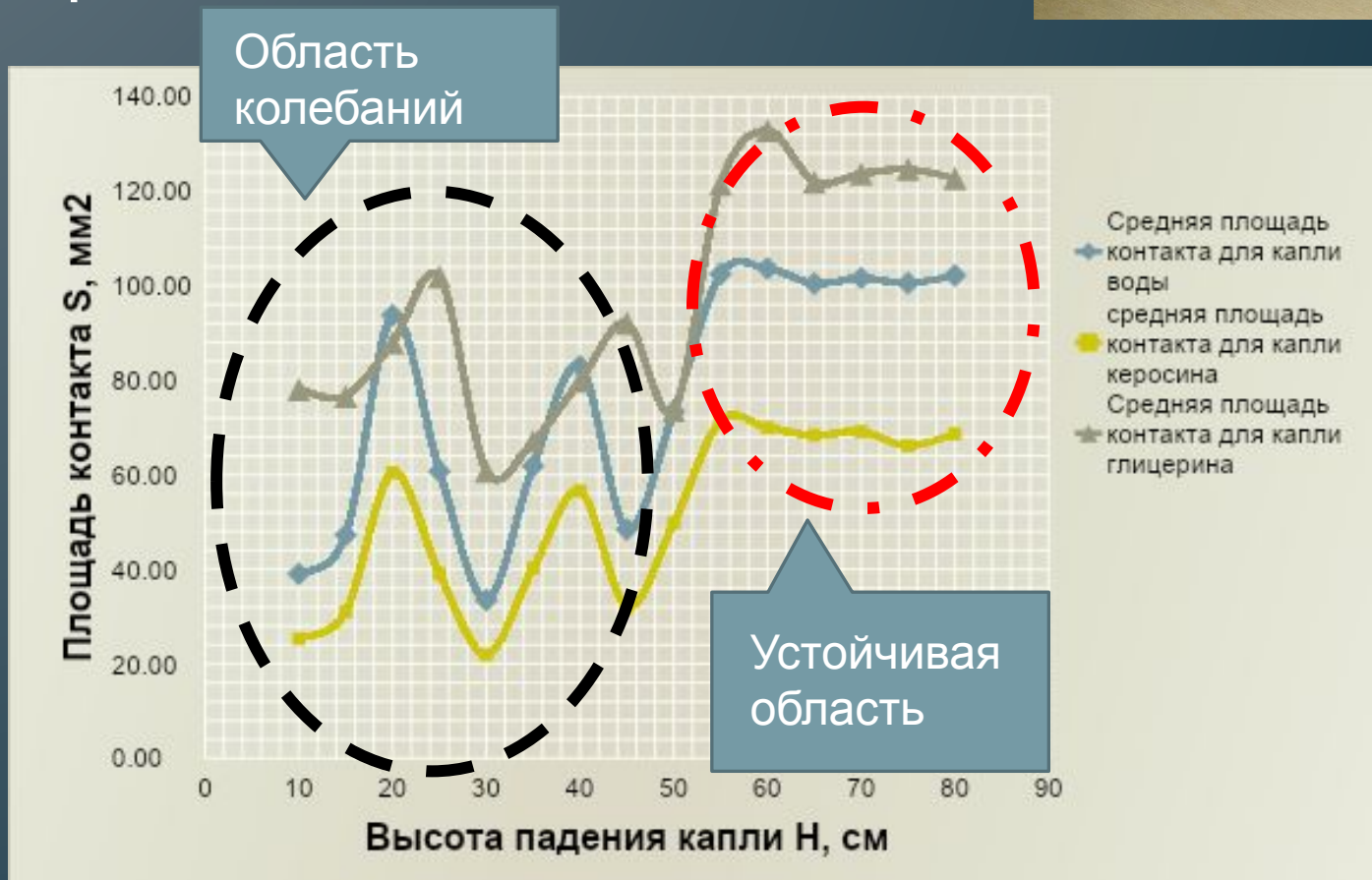
Таб. 3. Взаимодействие капли с



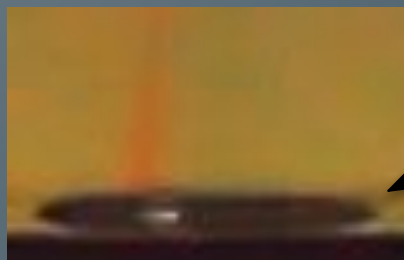
Название поверхности	Название жидкости	Значение угла между касательной к поверхности капли и нормалью $\phi, ^\circ$	Тип поверхности
Древесина	Вода	24	Сильно лиофильная
	Керосин	10	Сильно лиофильная
	Спирт	15	Сильно лиофильная
	Глицерин	26	Сильно лиофильная
	Подсолнечное масло	43	Лиофильная
Резина	Вода	60	Лиофильная
	Керосин	35	Лиофильная
	Спирт	68	Слабо лиофильная
	Глицерин	78	Слабо лиофильная
	Подсолнечное масло	58	Лиофильная
Органическое стекло	Вода	70	Слабо лиофильная
	Керосин	75	Слабо лиофильная
	Спирт	23	Сильно лиофильная
	Глицерин	56	Лиофильная
	Подсолнечное масло	73	Слабо лиофильная

Падение капли с небольшой высоты

Падение на сильно гидрофильную поверхность



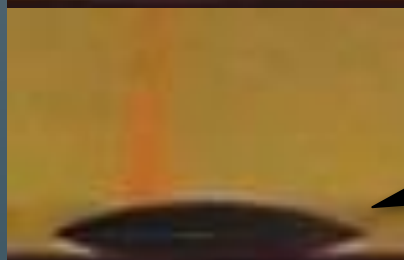
Падение капли с небольшой высоты



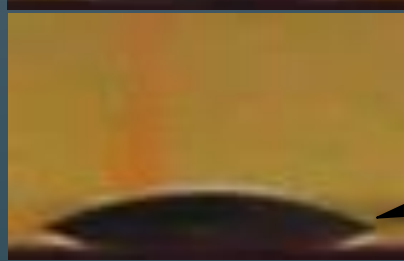
$T=0$ с



$T=2/5$ с

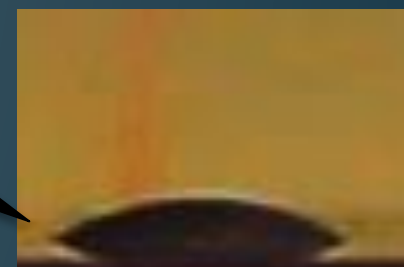


$T=3/5$ с



$T=4/5$ с

$T=1$ с



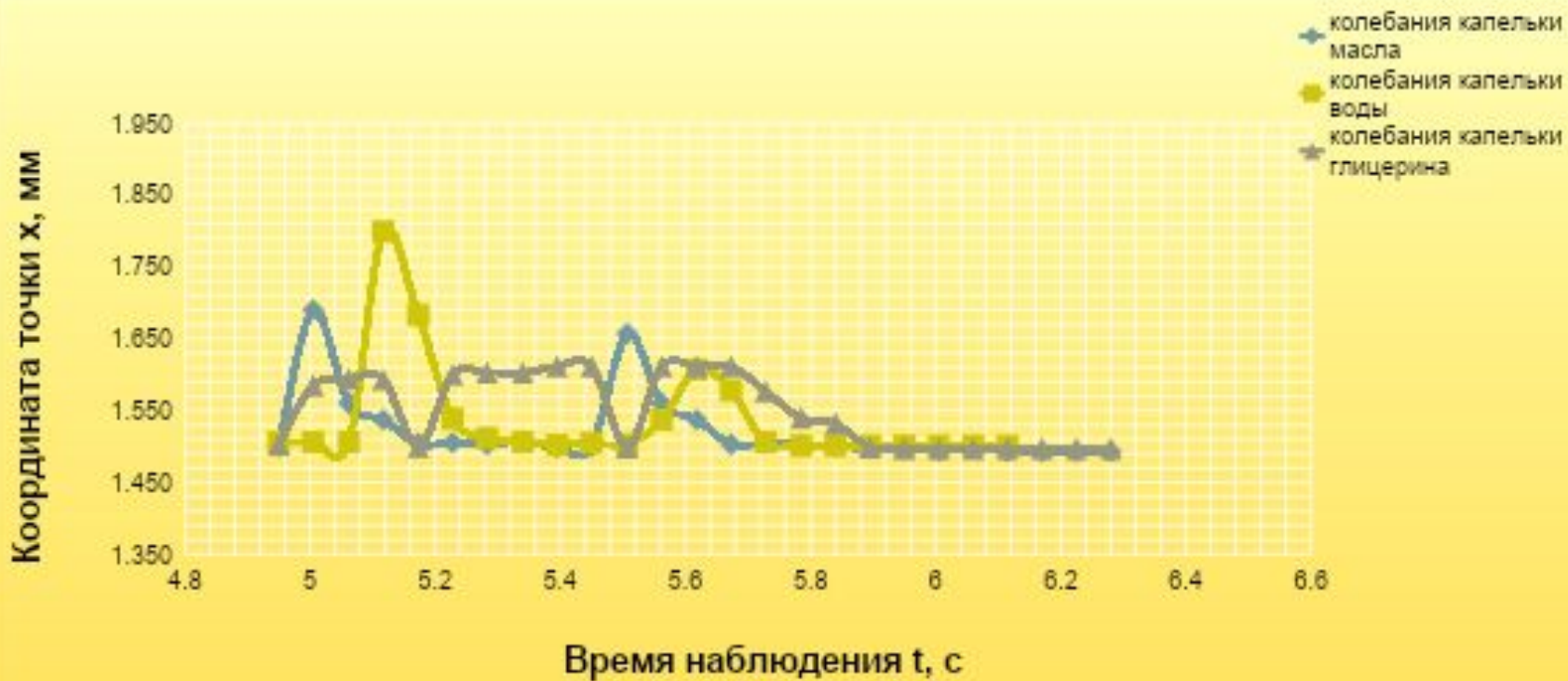
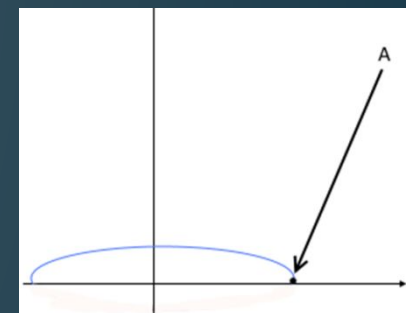
$T=6/5$ с



$T=7/5$ с



Падение капли с небольшой высоты



Процесс колебаний капельки с энергетической точки зрения

- В качестве меры растекания возьмём диаметр капли d

$$V_{\text{капли}} = \pi \frac{D^3}{6}, \text{ где } D\text{-диаметр капли (1)}$$

$$V_{\text{блинчика}} = \pi \frac{d^2}{4} h \quad (2),$$

где d – диаметр «блинчика», h – его толщина

$$\frac{\pi D^3}{6} = \frac{\pi d^2 h}{4} \quad (3)$$

Во время растекания изменилась потенциальная энергия капли, обусловленная поверхностным натяжением. Она возросла до значения

$$W = \sigma 2\pi r^2 = \frac{\sigma \pi d^2}{2} \quad (4)$$

Кинетическая энергия капли

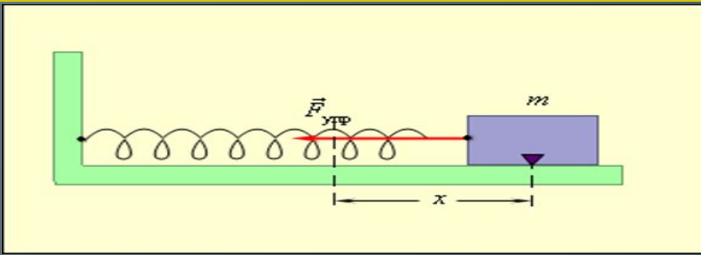
$v_{\text{центра}} = 0$

$v_{\text{периферии}}$

$$E_{\text{кинетическая}} = \frac{m\langle v \rangle^2}{2} = \frac{mv_{\text{периферии}}^2}{8} \quad (5)$$

Закон сохранения энергии

$$W + E_{\text{кинетическая}} = \text{const},$$
$$\frac{\sigma \pi d^2}{2} + \frac{mv_{\text{периферии}}^2}{8} = \text{const}. \quad (6)$$



$$kx^2 \quad mv^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{\sigma \pi d^2}{4} + \frac{mv_{\text{периферии}}^2}{2} = \text{const}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{4\pi\sigma}}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{\pi^2}{16\sigma} \frac{\rho d^3}{6}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \rho d^3}{96\sigma}} = \sqrt{\frac{\pi^2}{96}} \sqrt{\frac{\rho d^3}{\sigma}} \quad (7), \quad \tau = \frac{T}{2} = \sqrt{\frac{\pi^2}{96}} \sqrt{\frac{\rho d^3}{\sigma}}.$$

Название жидкости	Приблизительный расчёт времени колебаний для блинчика диаметром 15 мм τ , с
Дистиллированная вода	6,9
Медицинский спирт	11,1
Керосин	10,8
Глицерин	8,1
Машинное масло	9,7

Падение капли с небольшой высоты

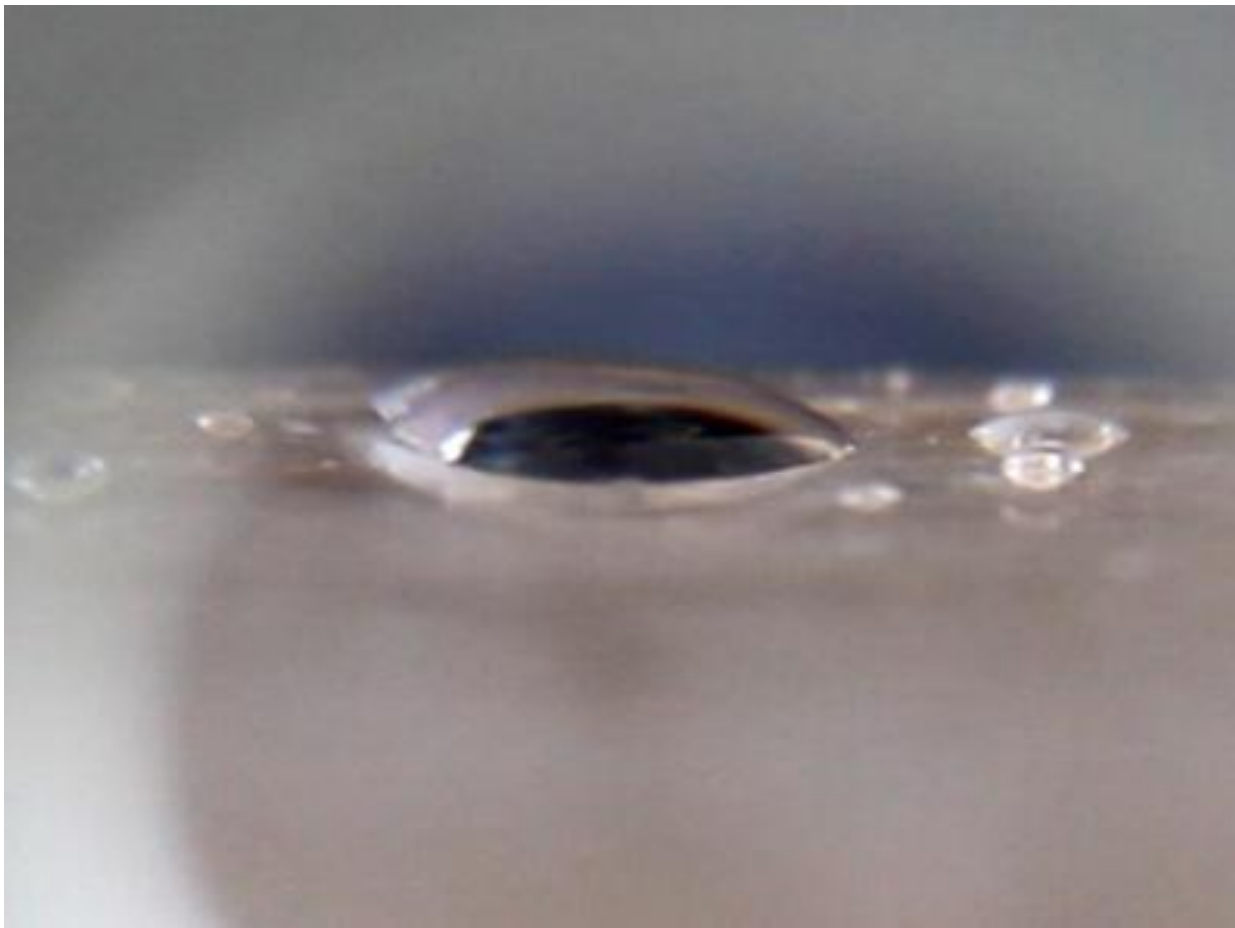
расчётное значение



Таб.2 Расчёты времени колебаний
«блинчика»

Диаметр блинчика D , мм	5	6	8,5	10	11,5	12	13	15	17	18,5	20
	3,61	4,76	7,84	10,0	12,5	13,2	14,9	18,4	22,3	25,2	28,3
Период колебаний блинчика τ , 10^{-1} с	18,8	21,1	31,1	48,1	58,1	56,5	69,7	79,7	100	106	125
Теорети- ческие расчёты	13,5	17,8	29,3	37,4	46,9	49,4	55,7	68,7	82,9	94,2	105

Падение капли с небольшой высоты



Падение капли с небольшой высоты

Если скорость капли близка к нулю, гидродинамический удар в полной мере не свершится. Капля просто растечётся по поверхности, не ударив её и лежащую на ней капельку

Для того, чтобы оценить наименьшую скорость падения капли, при которой произойдет удар, нужно, чтобы капля во время столкновения не успела сильно расплющиться.

$v_{\text{периферии}}$

Падение капли с небольшой
высоты

Выводы:

Характер картины, появляющейся после падения капли, зависит от свойств самой капли и свойств поверхности, на которую падает капля

При падении капля на сильно лиофильные поверхности она расплывается до тонкого слоя, обеспечивающего

Площадь контакта зависит от скорости падения капля на

При падении капли на слабо лиофильные поверхности образуется «блинчик» которая начинает сжиматься. Процесс сжатия капельки протекает некоторое время (для каждой жидкости своё), в течение которого можно наблюдать увеличение и уменьшение радиуса расплющенной капли. Экспериментальные данные и теоретический расчёт дают не плохие совпадения, позволяющие рассматривать названные изменения

Спасибо за внимание