

## 2.5.1 Творческий вопрос

### Q

Какие еще методы измерения коэффициента поверхностного натяжения вы знаете? Проанализируйте возможные погрешности

### 1. Метод поднятия кольца

Этот метод заключается в измерении силы, необходимой для поднятия кольца из жидкости. Для этого используется специальное кольцо, которое погружается в жидкость, а затем измеряется сила, которая требуется для того, чтобы отделить кольцо от поверхности жидкости. Сила, необходимая для поднятия кольца, пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения жидкости.

#### Принцип:

- Кольцо с известной массой погружается в жидкость, и при его подъеме измеряется сила, необходимая для отрыва кольца от поверхности жидкости.
- Это сила связана с коэффициентом поверхностного натяжения по формуле:  $\sigma = \frac{F}{2\pi r}$  где:
  - $F$  — сила, необходимая для подъема кольца,
  - $r$  — радиус кольца.

#### Возможные погрешности:

- **Невозможно учитывать силы трения:** При подъеме кольца из жидкости может возникать трение, которое повлияет на точность измерений. Это особенно важно, если кольцо плохо очищено или имеет шероховатости.
- **Неправильная форма кольца:** Если кольцо не идеально круглое, это может привести к ошибкам в расчете.
- **Погрешности в измерении силы:** Используемые приборы для измерения силы могут иметь погрешности, которые нужно учитывать в расчетах.

### 2. Метод прямого воздействия (метод пластины)

В этом методе измеряют силу, необходимую для того, чтобы отделить плоскую поверхность от жидкости. Обычно используется плоская поверхность с известными размерами, которая опускается в жидкость. Затем измеряется сила, которая необходима для отделения этой поверхности от жидкости.

#### Принцип:

- Плоская поверхность погружается в жидкость, и после этого измеряется сила, необходимая для её отделения от поверхности жидкости. Эту силу можно использовать для вычисления коэффициента поверхностного натяжения.

#### Возможные погрешности:

- **Неоднородность поверхности:** Если поверхность пластины шероховатая или загрязненная, это может повлиять на точность измерений.
- **Измерение силы:** Как и в предыдущем методе, важно точно измерить силу для правильных расчетов, а также учитывать возможные погрешности, связанные с силой сцепления между жидкостью и поверхностью пластины.

- **Изменение толщины жидкости:** Если в процессе измерений жидкость не равномерно распределена, это также может вызвать погрешности.

### 3. Метод падения капли

Этот метод основан на измерении времени падения капли с известной высоты или на измерении массы капли, которую необходимо оторвать от поверхности жидкости. Измеряя параметры капли, можно вычислить коэффициент поверхностного натяжения.

#### Принцип:

- Капля жидкости с известной массой или объемом отрывается от поверхности, и измеряется ее форма, размер или время падения.
- Измеряется, как изменяется форма капли, когда она отрывается от поверхности (например, в случае капли с цилиндрической формой можно использовать соответствующие уравнения для связи массы с коэффициентом поверхностного натяжения).

#### Возможные погрешности:

- **Измерения массы капли:** Трудности в точном измерении массы капли или её объема могут привести к погрешностям в расчетах.
- **Течение воздуха:** При измерении падения капли может происходить влияние воздушных потоков, что затрудняет точность измерений, особенно если капля небольшая или жидкость имеет низкую вязкость.
- **Форма капли:** Если капля не идеальна (например, из-за загрязнений или особенностей поверхности), это также может вызвать погрешности.

### 4. Метод пузырька газа (метод пузырьков)

Этот метод заключается в изучении поведения пузырьков газа, поднимающихся через жидкость. На основе скорости, с которой пузырьки поднимаются, можно вычислить коэффициент поверхностного натяжения.

#### Принцип:

- Пузырьки газа создаются в жидкости, и их скорость подъема измеряется. Коэффициент поверхностного натяжения можно найти, используя законы для движения пузырьков в жидкости, такие как уравнение Стокса.
- Скорость подъема пузырька зависит от диаметра пузырька, вязкости жидкости и поверхностного натяжения, и ее можно использовать для расчета  $\sigma$ .

#### Возможные погрешности:

- **Размер пузырька:** При малых размерах пузырьков (например, микропузырьки) могут возникнуть дополнительные силы (например, капиллярные или поверхностные силы), влияющие на точность измерений.
- **Неоднородность жидкости:** Загрязнения или несоответствия в составе жидкости могут повлиять на образование пузырьков и их движение.
- **Течение жидкости:** Наличие течений или конвекции в жидкости может изменить скорость подъема пузырьков, что приведет к погрешностям в измерениях.

### 5. Метод мениска (метод наблюдения мениска)

Этот метод заключается в наблюдении за изменениями формы мениска при взаимодействии жидкости с твердым телом. Он используется, например, при измерении поверхностного натяжения в

капиллярных трубках.

## Принцип:

- Когда капиллярная трубка погружается в жидкость, образуется мениск. Измеряя угол наклона мениска, можно вычислить коэффициент поверхностного натяжения, так как он связан с этим углом по формуле Жерemi.
- Для капиллярных трубок формула для расчета коэффициента поверхностного натяжения выглядит как:  $\sigma = \frac{2h\rho gr}{\cos(\theta)}$  где:
  - $h$  — высота подъема жидкости в трубке,
  - $\rho$  — плотность жидкости,
  - $g$  — ускорение свободного падения,
  - $r$  — радиус трубки,
  - $\theta$  — угол мениска.

## Возможные погрешности:

- **Неоднородность поверхности трубки:** Поверхность капиллярной трубки может иметь загрязнения или дефекты, которые нарушат точность измерений.
- **Турбулентность:** При быстром подъеме жидкости может возникать турбулентность, что влияет на точность измерений.
- **Сложность точного измерения угла мениска:** Особенно в случае жидкостей с низким коэффициентом поверхностного натяжения или при малых масштабах (например, микро- или нанолитры).