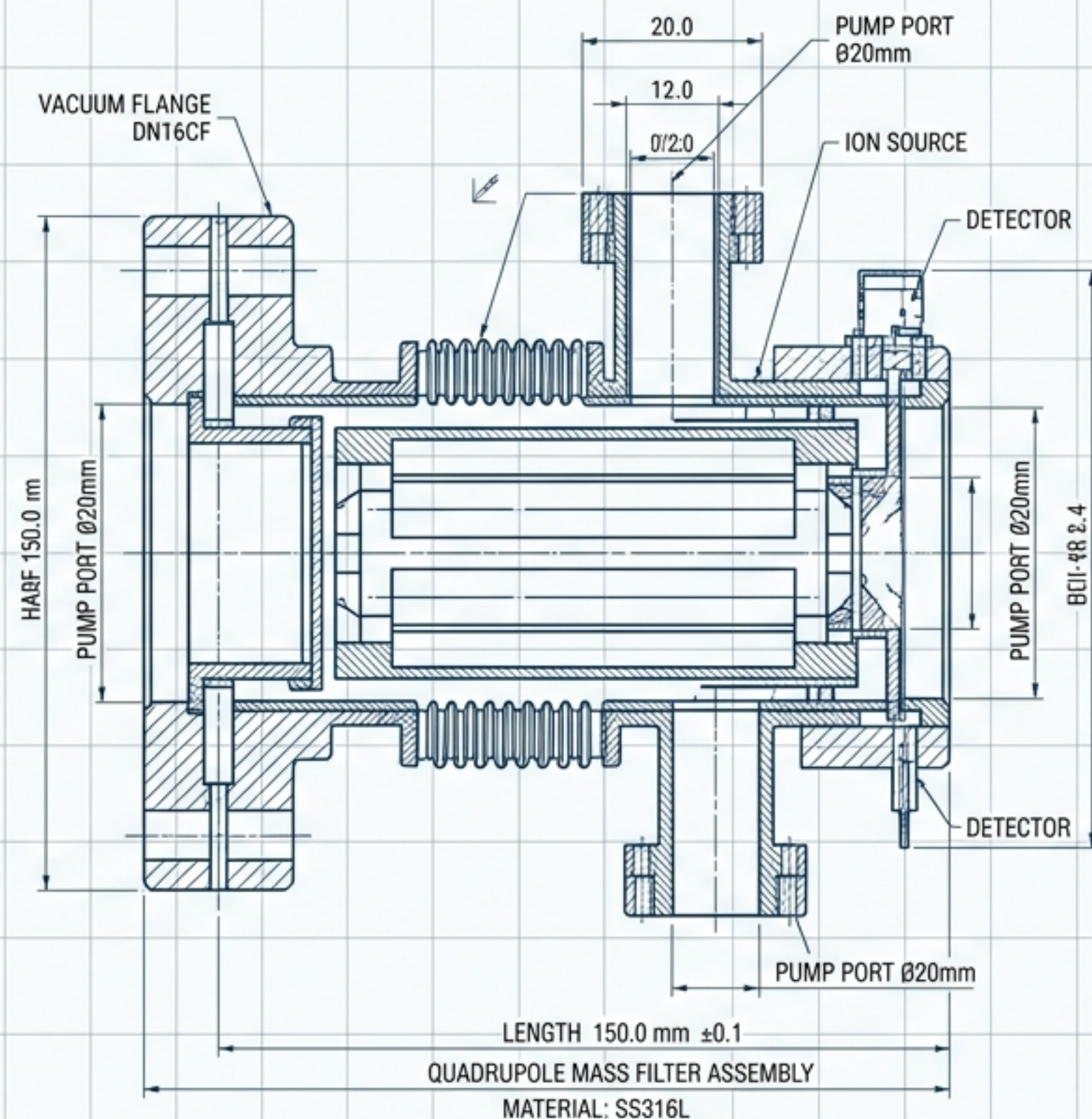


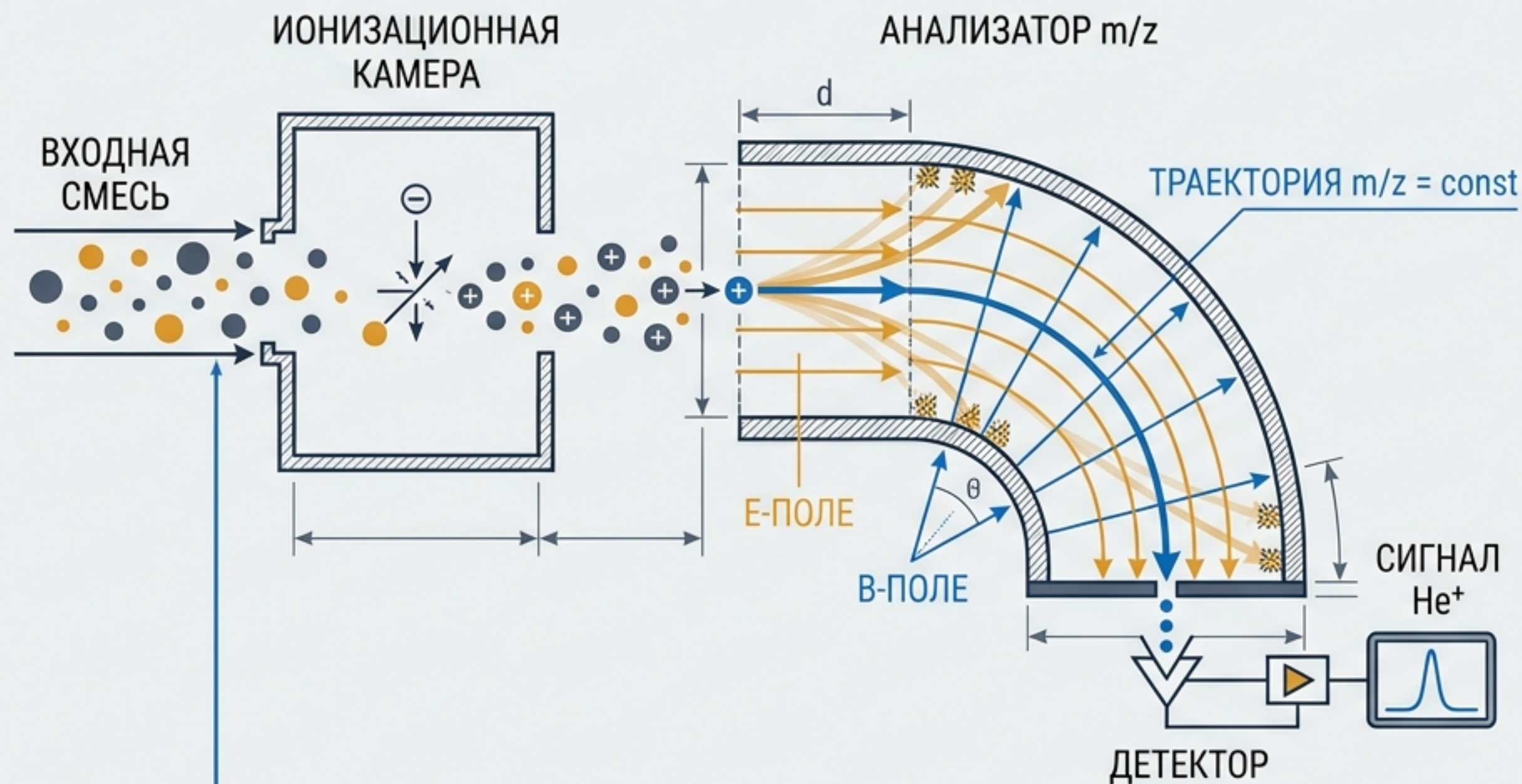
[Только для технических специалистов]

LeakLab Lite: Инженерный профиль встраиваемого гелиевого масс-спектрометрического течеискателя

Детальный разбор физических принципов,
архитектуры вакуумного тракта
и метрологических ограничений



Физика гелиевого масс-спектрометрического контроля



Ключевой принцип: Ионизация газа и сепарация по отношению массы к заряду (m/z). Масса и заряд частицы строго определяют её траекторию в анализаторе, обеспечивая высокую селективность.

Анализируемые компоненты:

H_2 , ^3He , ^4He

Почему именно гелий?



Высокая проникающая способность (малый размер атома).

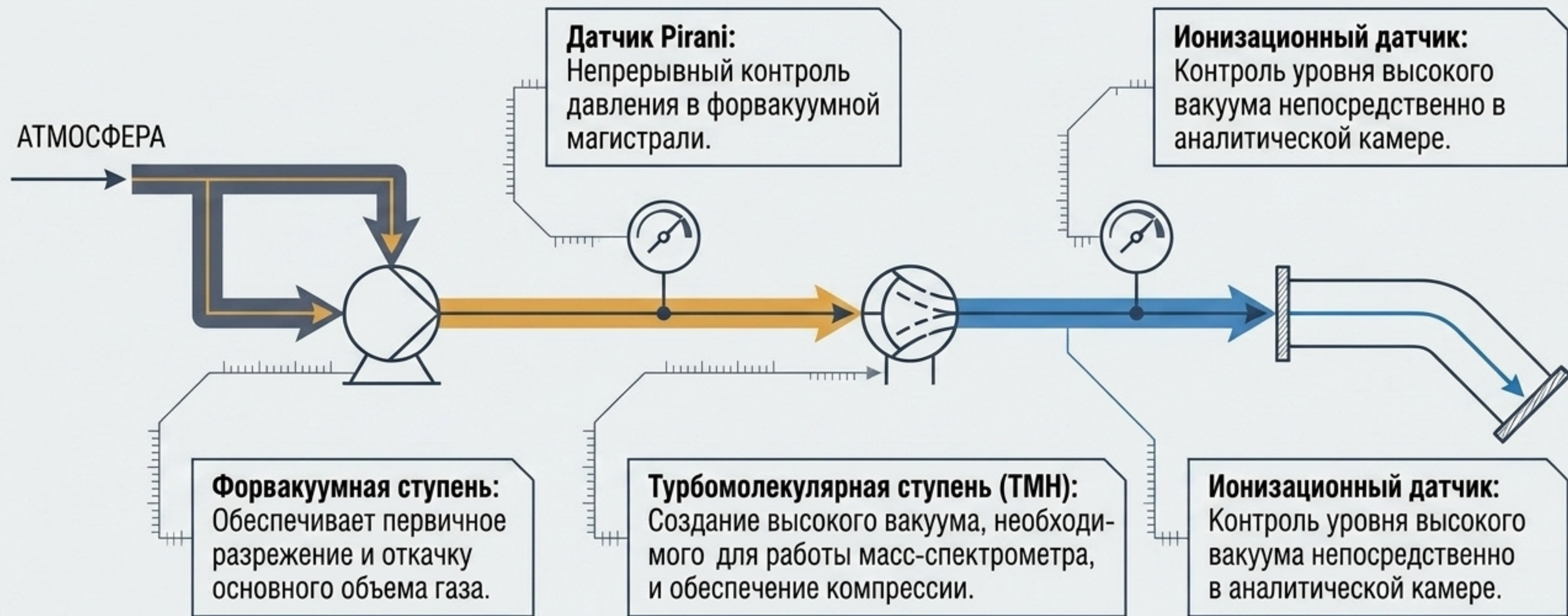


Низкая естественная концентрация в атмосфере (~ 5 ppm).



Химическая инертность (не реагирует с трактом и объектом).

Архитектура вакуумного тракта

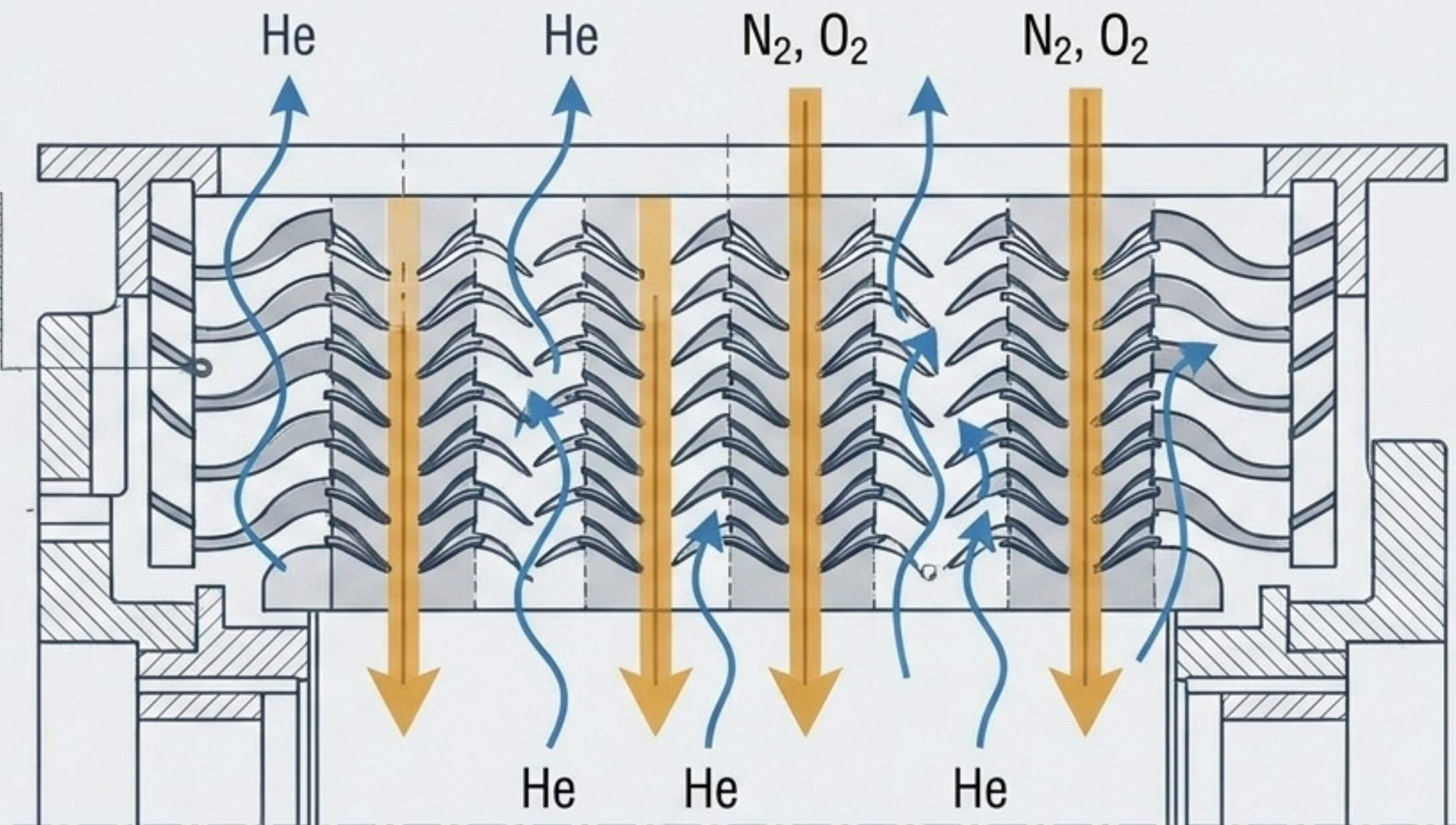


Синхронная работа ступеней и датчиков создает необходимые условия для изоляции анализируемого газа от атмосферного фона.

Физика противотока (Counter-Flow Principle)

Механизм сепарации:

- ТМН имеет экспоненциальную зависимость степени сжатия от массы молекулы.
- Тяжелые фоновые газы эффективно откачиваются в форвакуум.
- Легкий гелий (He) обладает низкой степенью сжатия на лопатках ТМН.



Результат: Гелий способен диффундировать навстречу основному потоку газа прямо в масс-спектрометр. Это защищает анализатор от загрязнений и высоких давлений, сохраняя абсолютную чувствительность.

Технические и аппаратные ограничения LeakLab Lite



≥ 2000 Па

Давление подключения:
Максимальное давление магистрали для запуска измерений.



≤ 3 мин

Время готовности:
Максимальное время выхода прибора на рабочий режим.



**220 В
 ± 22 В, 50 Гц**

Питание:
Требования к электросети.



≤ 30 кг

Масса:
Жесткий лимит для интеграции.



Сенсорный интерфейс

Управление:
Встроенный цифровой контроль.



Внимание: Данные аппаратные лимиты определяют строгие границы применимости прибора при его интеграции в промышленные испытательные стенды.

Матрица режимов работы: Диапазоны измерений



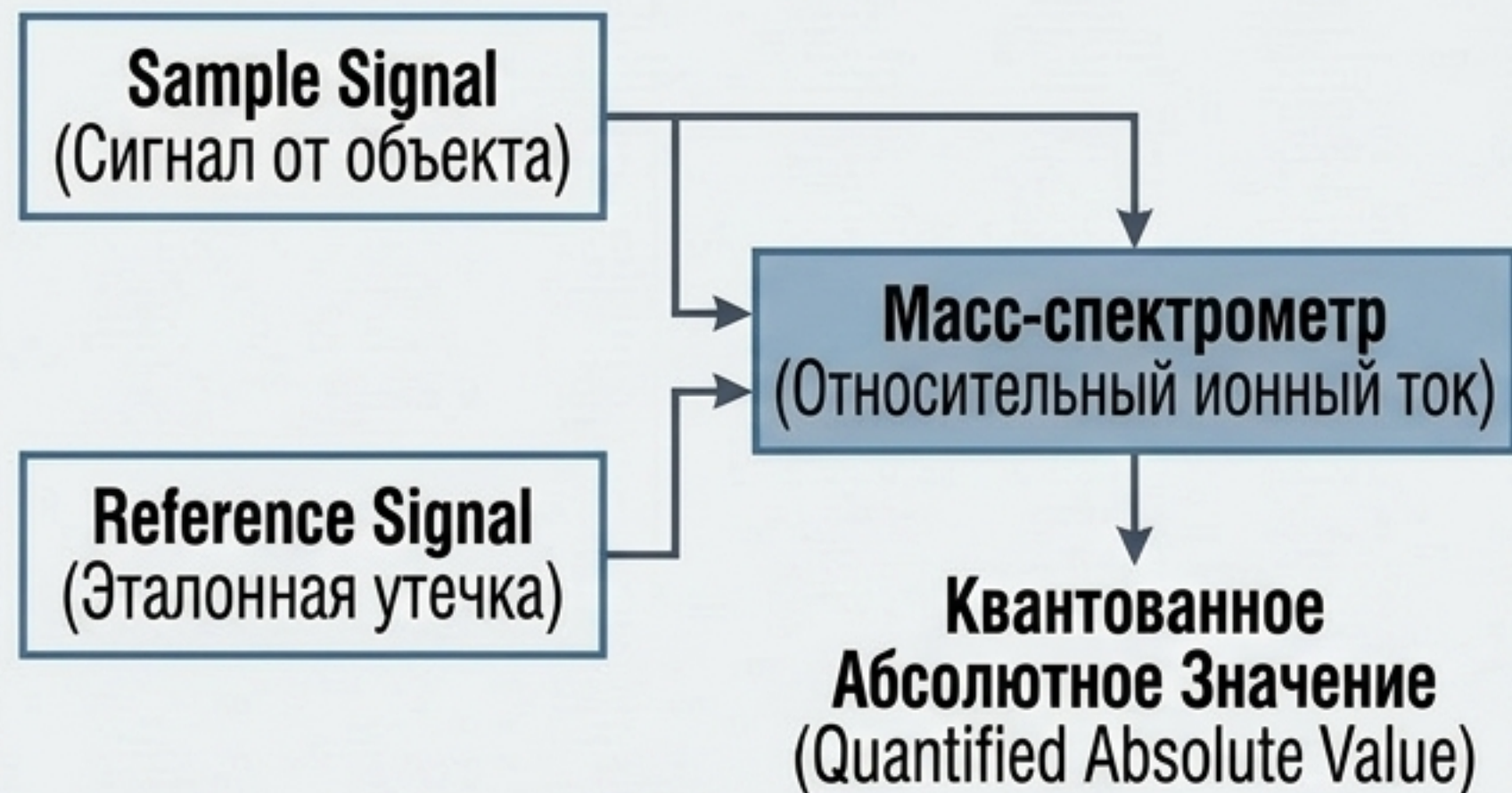
Ключевой инсайт: Режимы физически обусловлены давлением в магистрали подключения. Зоны перекрытия диапазонов позволяют инженеру строить гибкие циклограммы испытаний без потери непрерывности сигнала.

Алгоритм выбора метода испытаний



ИНЖЕНЕРНОЕ ПРАВИЛО: Минимально обнаружимый поток прибора НЕ РАВЕН гарантированной чувствительности для любого объекта в сборе. Итоговая чувствительность всегда ограничена фоном гелия, газоотделением материалов и внутренним объемом испытываемой системы.

Роль калиброванной течи: Относительность измерений



- **Проверка нуля:** Учет фонового гелия в системе перед стартом.
- **Сравнение:** Привязка относительного отклика прибора к эталонной утечке известного номинала.
- **Контроль давления:** Жесткий контроль вакуума во время калибровки.



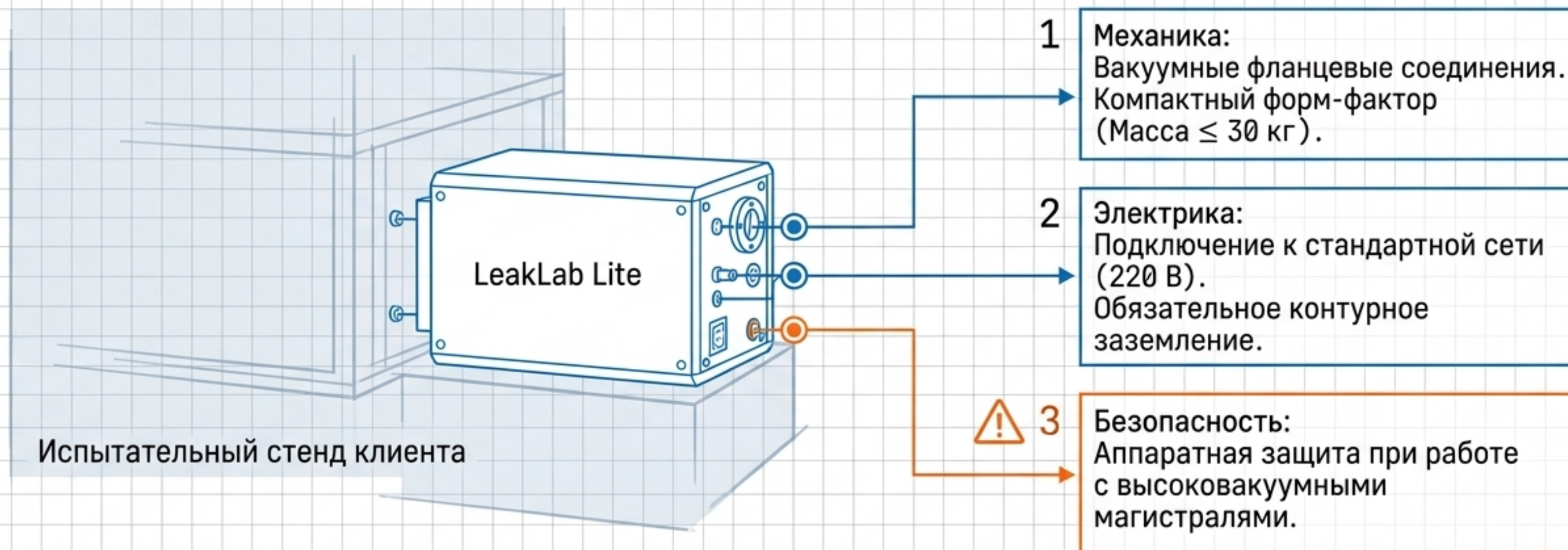
Фундаментальный принцип: Показание масс-спектрометра не является абсолютным и всегда требует динамической привязки к эталону.

Неопределенность и ложные сигналы



МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ТРЕБОВАНИЕ: Для корректной количественной работы критически важно документировать применяемый метод, точный состав контрольного газа, давления опрессовки, время цикла и расчетную неопределенность.

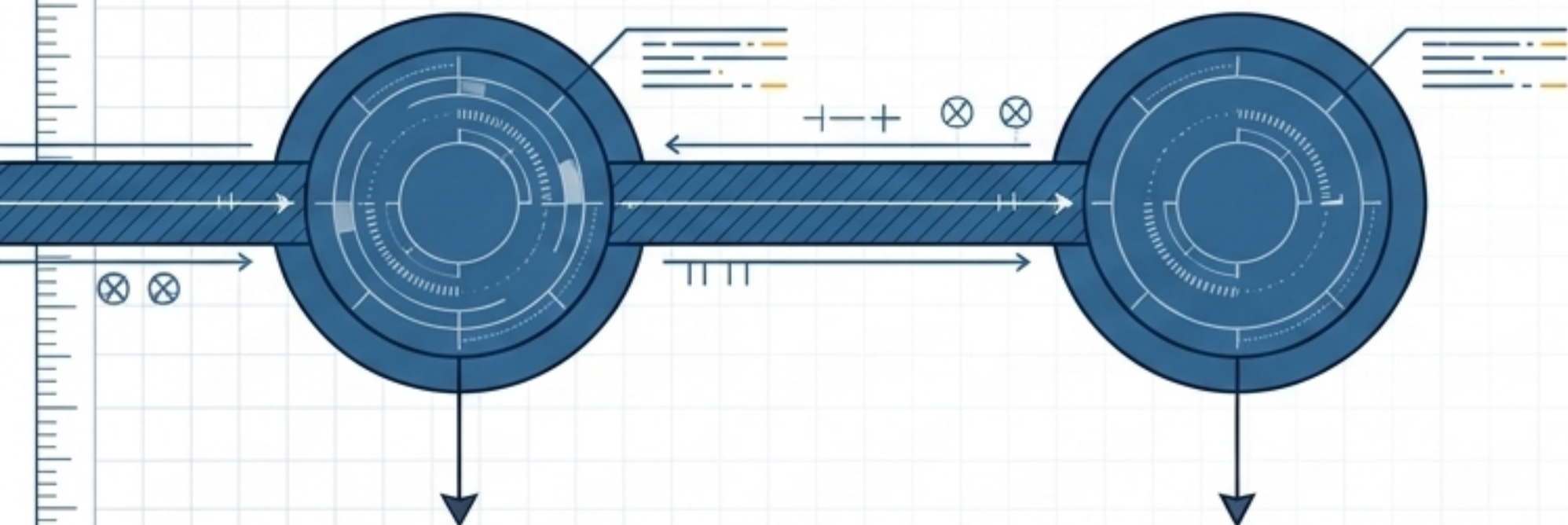
Интеграция в стенды и безопасность



ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ ПО СТАНДАРТАМ: Соответствие международным и государственным стандартам (например, ISO 20485 или ГОСТ) полностью зависит от итоговой интеграции, спроектированной пневматической схемы, методик и аттестации всего испытательного комплекса конечным пользователем, а не от масс-спектрометра самого по себе.

Патентный ландшафт: Эволюция методов контроля (Часть 1)

Патенты иллюстрируют инженерный фундамент, на котором базируется современная индустрия течеискания.

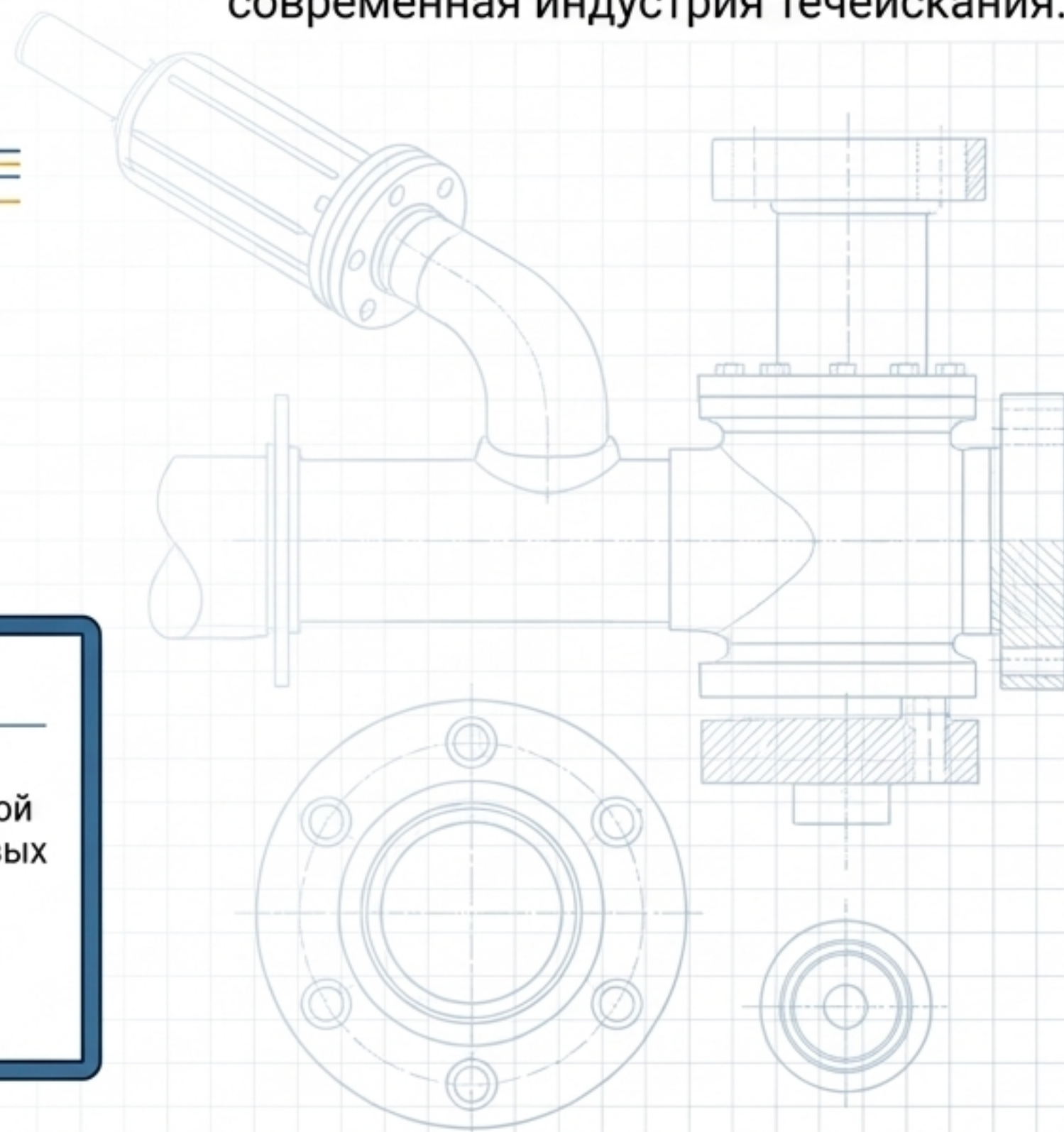


US5317900A

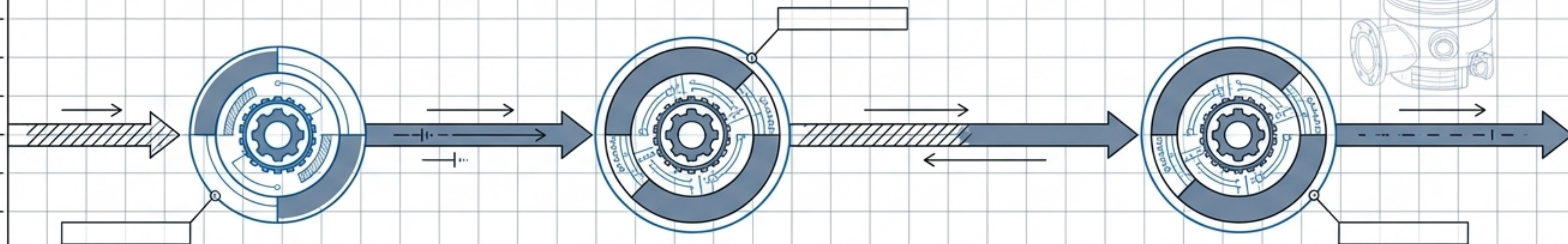
Фундаментальное применение квадрупольного масс-спектрометра для ультрачувствительных измерений в больших вакуумных системах.

CN201368790Y

Появление и аппаратное закрепление противоточной вакуумной схемы в гелиевых течеискателях.



Патентный ландшафт: Современные решения (Часть 2)



WO2025087630A1

Развитие современных высоковакуумных противоточных трактов. Фокус на стабилизации давления на входе и селективности турбомолекулярной ступени.

EP2924411A1

Принципы создания прецизионных опорных (reference) течей и использование метода статического расширения для работы со сверхмалыми потоками (до 10^{-11} Па·м³/с и ниже).

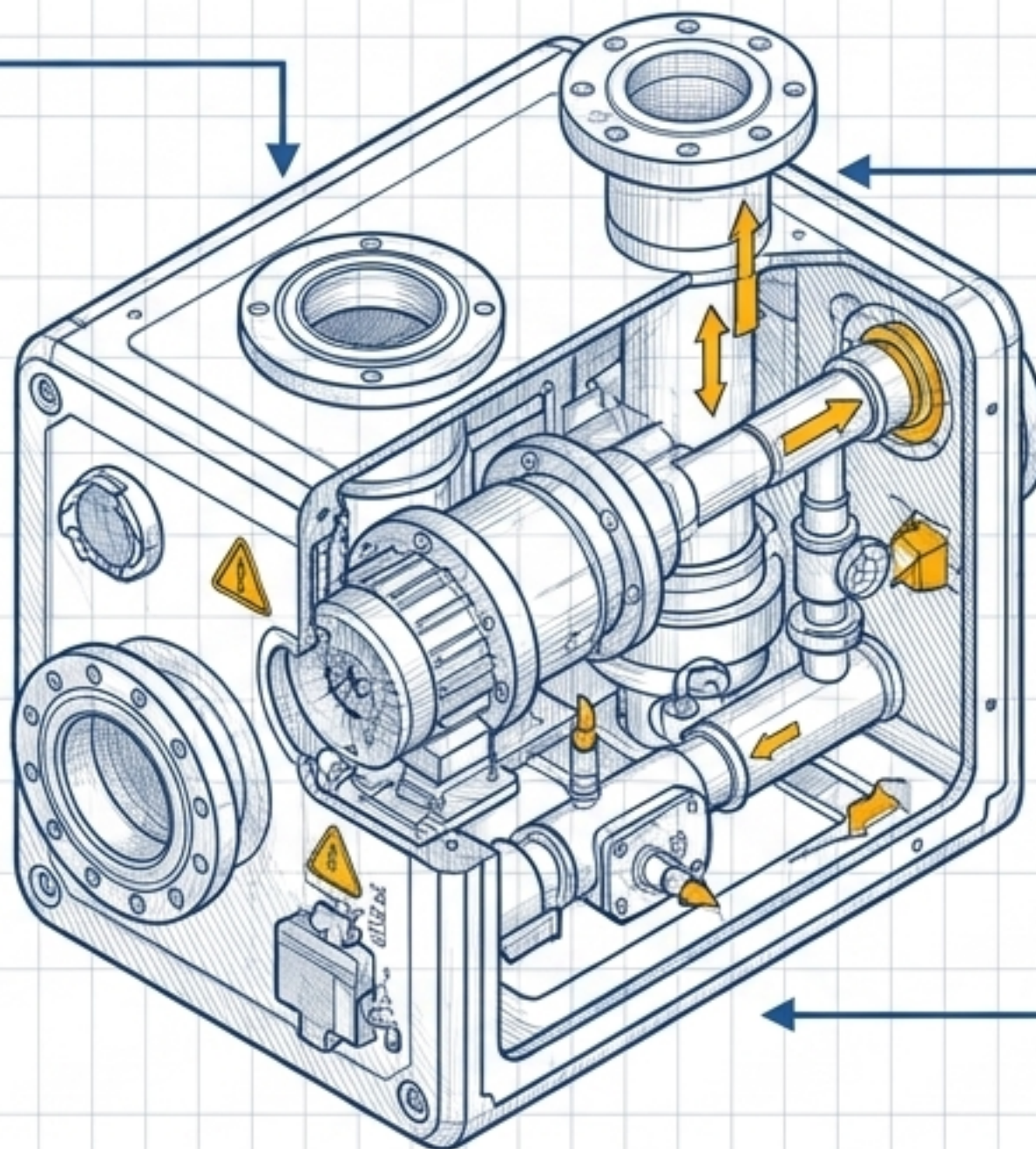
Инженерное резюме: Профиль LeakLab Lite

Компактность

Встраиваемая архитектура,
масса ≤ 30 кг.
Готовность к работе ≤ 3 мин
при стартовом давлении
подключения ≥ 2000 Па.

Метрология

Строгие лимиты измерений
(Normal: от 3×10^{-13} Па·м³/с
до 1×10^{-1} Па·м³/с).



Физика

Элегантность противотока
ТМН обеспечивает надежную
селекцию H₂, ³He, ⁴He на
фоне тяжелых газов.

Резюме: LeakLab Lite предоставляет предсказуемый и физически обоснованный инструмент для интеграции в высокотехнологичные испытательные комплексы.