

УДК 372.851+372.853

А. И. СЕРЫЙ, З. Н. СЕРАЯ

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**О ПРИМЕНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА
В РАЗЛИЧНЫХ РАЗДЕЛАХ ФИЗИКИ**

В связи с тем что при изучении основ векторного анализа студенты далеко не всегда понимают, какова область применения получаемых знаний, умений и навыков (в том числе при изучении физики), представляется целесообразным систематизировать соответствующую информацию. В связи с этим выполнен обзор примеров применения таких известных операций первого порядка, как градиент, дивергенция и ротор, в механике, статистической физике и кинетике, электродинамике, оптике.

Материал структурирован в виде таблиц (таблицы 1–2), которые могут быть использованы в образовательном процессе для обобщения и закрепления материала, в том числе при подготовке к экзаменам по перечисленным выше разделам физики, векторному и тензорному анализу и другим дисциплинам.

Таблица 1 – Примеры применения основных операций векторного анализа в термодинамике, физической кинетике и оптике

Раздел	Термодинамика и физическая кинетика	Оптика
1. Градиент	а) $\vec{j} = -D \text{grad} n_0$ – закон Фика (n_0 – концентрация, D – коэффициент диффузии, \vec{j} – плотность потока частиц); б) $\vec{j}_T = -\kappa \text{grad} T$ – закон Фурье (T – температура, κ – коэффициент теплопроводности, \vec{j}_T – плотность потока тепла); в) $\vec{j}_p = -\eta \text{grad} v$ – закон Ньютона (v – скорость течения вязкой жидкости, η – коэффициент вязкости, \vec{j}_p – плотность потока импульса) [1, с. 342, 343, 348]	$\text{grad} \Phi = n \vec{s}$ – уравнение эйконала Φ (n – показатель преломления, \vec{s} – единичный вектор нормали к фронту волны) [2, с. 44]
2. Дивергенция	$\rho C_V \partial T / \partial t = -\text{div} \vec{j}_T + q$ – уравнение теплового баланса (ρ – плотность, C_V – удельная теплоемкость при постоянном объеме, t – время, q – объемная плотность тепловой мощности источников) [1, с. 167]	$\text{div}(na^2 \vec{s}) = 0$ – уравнение распространения световой волны (a – амплитуда) [2, с. 46]

Таблица 2 – Применение аналогичных операций в механике и электродинамике

Раздел	Механика	Электродинамика
1. Градиент	а) $\vec{F} = -gradU$ – связь между силой \vec{F} и потенциальной энергией U ; б) $\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{f} - gradP$ – уравнение Эйлера в гидродинамике (P – давление, \vec{f} – массовая сила, ρ – плотность жидкости, \vec{v} – скорость жидкости); в) $gradP = \vec{f}$ – основное уравнение гидростатики (частный случай б)) [3, с. 160, 447]	$\vec{E} = -grad\varphi$ – связь между напряженностью \vec{E} и потенциалом φ [4, с. 76]
2. Дивергенция	а) $div(\rho\vec{v}) + \partial\rho/\partial t = 0$ – уравнение непрерывности при течении жидкости; б) $div\vec{j} = 0$ – уравнение непрерывности при стационарном течении несжимаемой жидкости (частный случай предыдущего уравнения)	а) $div\vec{E} = 4\pi\rho$ – электростатическая теорема Гаусса в дифференциальной форме; б) $div\vec{B} = 0$ – критерий соленоидальности магнитного поля; в) $div\vec{j} + \partial\rho/\partial t = 0$ – уравнение непрерывности для электрического тока [4, с. 41, 176, 240]
3. Ротор	а) $rot\vec{v} = 2\vec{\omega}$ при движении материальной точки по окружности ($\vec{\omega}$ – угловая скорость); б) $rot\vec{v}$ используется при описании вихревого течения жидкости [3, с. 499]	а) $\vec{B} = rot\vec{A}$ – взаимосвязь индукции магнитного поля с векторным потенциалом \vec{A} ; б) $rot\vec{E} = -c^{-1} \partial\vec{B}/\partial t$ – закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме; в) $rot\vec{H} = 4\pi\vec{j}/c + c^{-1} \partial\vec{D}/\partial t$ – одно из уравнений Максвелла [4, с. 293, 352]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1975. – Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. – 552 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1980. – Т. 4 : Оптика. – 752 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1979. – Т. 1 : Механика. – 520 с.
4. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1977. – Т. 3 : Электричество. – 688 с.